

TUGAS AKHIR TERAPAN - RC146599

RENCANA OPERASI PENGENDALIAN BANJIR DI KAWASAN SIMOKERTO KOTA SURABAYA

ANITA RATNA ANGGRAENI
NRP. 3116 040 503

Dosen Pembimbing
Ir. FX DIDIK HARIJANTO, CES
NIP. 19590329 198811 1 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017

TUGAS AKHIR TERAPAN - RC1465599

RENCANA OPERASI PENGENDALIAN BANJIR DI KAWASAN SIMOKERTO KOTA SURABAYA

ANITA RATNA ANGGRAENI
NRP. 3116 040 503

Dosen Pembimbing
Ir. FX DIDIK HARIJANTO, CES
NIP. 19590329 198811 1 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017



FINAL PROJECT - RC1465599

OPERATIONAL PLAN FOR FLOOD CONTROL IN SIMOKERTO AREA OF SURABAYA

**ANITA RATNA ANGGRAENI
NRP 3116 040 503**

**Academic Supervisor
Ir. FX DIDIK HARIJANTO, CES
NIP. 19590329 198811 1 001**

**DIPLOMA IV PROGRAM OF CIVIL ENGINEERING IN ADVANCED
(EXTENDED) LEVEL
CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF VOCATIONAL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**

LEMBAR PENGESAHAN

**RENCANA OPERASI PENGENDALIAN BANJIR DI
KAWASAN SIMOKERTO KOTA SURABAYA**

TUGAS AKHIR TERAPAN

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Terapan
pada

Program Studi Diploma Empat Lanjut Jenjang Teknik Sipil
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :



ANITA RATNA ANGGRAENI

NRP. 3116 040 503

Disetujui Oleh Pembimbing Tugas Akhir Terapan

24 JUL 2017



Ir. F. Didik Harjanto, CES

NIP. 19590329 198811 1 001

SURABAYA, JULI 2017



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
Telp. 031-5947837 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-ts.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1. ANITA RATNA ANGGRAENI 2
NRP : 1 3116040503 2
Judul Tugas Akhir : RENCANA OPERASI PENGENDALIAN BANJIR DI
KAWASAN SIMOKERTO KOTA SURABAYA

Dosen Pembimbing : Ir. FX Didik Hartanto, CES
19590329 198811 1001

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1	16/Maret/17	Brain Lay-out, hitung debit Rencana				
				B	C	K
2	7/4/2017	Hitung kembali luas catchment area tiap ruas saluran		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
3	10/4/2017	Beri penjelasan notasi saluran, hitung debit Rencana per ruas saluran		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
4	18/4/2017	Cek lagi Q primer, cek lagi sal. primer hulu, lanjutkan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
5	7/6/2017	Cek operasional pompa yg direncanakan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
6	14/6/2017	Lampirkan ds sistem saluran Sisdodab		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K

Ket. :
B = Lebih cepat dari jadwal
C = Sesuai dengan jadwal
K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN


Nama : 1 AHITA RATNA ANGGERAENI 2
NRP : 1 216040503 2
Judul Tugas Akhir : RENCANA OPERASI PENGENDALIAN BANJIR DI
KAWASAN SIMOKERTO KOTA SURABAYA



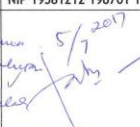
Dosen Pembimbing : Ir. FX Didik Haryanto, CES
19590329 198811 1001




No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
7	15/6 2017	Kesimpulan & power point				
8	3/7 2017	Cek. saluran hidroame dll.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	4/7 2017	Snayhan power point		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket.
B = Lebih cepat dari jadwal
C = Sesuai dengan jadwal
K = Tertambat dari jadwal

	BERITA ACARA TUGAS AKHIR TERAPAN PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG TEKNIK SIPIL DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI ITS		No. Agenda : 037713/IT2.VI.8.1/PP.06.00/2017
			Tanggal : 7/5/2017

Judul Tugas Akhir Terapan	Rencana Operasi Pengendalian Banjir di Kawasan Simokerto Kota Surabaya		
Nama Mahasiswa	Anita Ratna A	NRP	3116040503
Dosen Pembimbing 1	Ir. Didik Harijanto, CES. NIP 19590329 198811 1 001	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
	
	Ir. Edy Sumirman, MT. NIP 19581212 198701 1 001
1. Alasan ilmiah menggunakan LPS ✓ 2. Hitungan (konsep) TC sudah benar → belatung semua ✓ 3. Hitungan krusial dan di 4. Kap T sekam dan 8. garis selang ✓ 4. C untuk tiap catchment area harusnya berbeda-beda ✓ 5. Elevasi (tinggi) air di muara harusnya berbeda-beda ✓ 6. Hitungan debit (waktu simpan) ✓ 7. Gambar tampungan & pompa belum ada ✓ 8. pompa dipasang pada elevasi berapa? ✓ 9. Hitungan kapasitas pompa ✓ 10. Batas wilayah bagian kota sekuran primer keponor → campakan ✓	5/7 2017 
	Tatas, ST., MT. NIP 19800621 200501 1 002
	NIP -
	NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI					
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
					
Ir. Edy Sumirman, MT. NIP 19581212 198701 1 001	Tatas, ST., MT. NIP 19800621 200501 1 002	NIP -	NIP -	Ir. Didik Harijanto, CES. NIP 19590329 198811 1 001	NIP -

RENCANA OPERASI PENGENDALIAN BANJIR DI KAWASAN SIMOKERTO KOTA SURABAYA

Nama Mahasiswa : Anita Ratna Anggraeni
NRP : 3116040503
Jurusan : D IV Lanjut Jenjang Teknik Sipil
FV-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. FX Didik Harijanto, CES

ABSTRAK

Surabaya adalah kota terbesar di Provinsi Jawa Timur, karena adanya era globalisasi menyebabkan Kota Surabaya menjadi kota dengan kemajuan yang pesat di segala aspek termasuk bidang pembangunan. Hal ini dipengaruhi oleh perubahan ekonomi Kota Surabaya yang semakin meningkat disertai juga dengan perkembangan kota yang menyebabkan perubahan tata guna lahan. Semakin sedikitnya lahan resapan di Kota Surabaya menimbulkan berbagai dampak, salah satunya adalah banjir. Salah satu kawasan di Surabaya yang mengalami banjir adalah kawasan Simokerto. Kawasan ini merupakan salah satu kawasan penting di Surabaya karena merupakan akses menuju Surabaya Pusat dari arah Madura.

Berdasarkan pada kondisi tersebut maka Tugas akhir terapan ini bertujuan untuk menganalisa apakah kapasitas saluran bisa menampung debit banjir, kapasitas pompa Simolawang apakah cukup memadai untuk mempercepat pembuangan air menuju Saluran Simokerto, dan mencari solusi apabila kapasitas saluran tidak mampu menampung debit banjir rencana dan sistem pompa tidak dapat bekerja secara optimal

Sistem drainase yang di analisa hanya sebagian sistem yang ada di kawasan Simokerto dan berhubungan langsung dengan Pompa Simolawang dan Saluran Simokerto. Dimana yang di analisa meliputi dimensi saluran, kapasitas saluran, dan

kapasitas pompa. Tahapan perhitungan meliputi perhitungan curah hujan rencana menggunakan metode Log Pearson tipe III, perhitungan intensitas hujan menggunakan metode Mononobe, perhitungan debit banjir rencana menggunakan rumus rasional kemudian dibandingkan dengan perhitungan kapasitas saluran yang ada sekarang serta perhitungan hidrograf banjir pada inflow dan outflow pompa.

Solusi untuk mengatasi permasalahan yang terjadi pada sistem drainase di kawasan Simokerto adalah dilakukan penambahan jumlah pompa dengan kapasitas yang sama di pompa Simolawang, perencanaan pompa di saluran sekunder yang tidak mampu menampung debit banjir serta direncanakan pelebaran saluran pada beberapa saluran tersier. Adapun solusi lainnya ialah dengan melakukan perawatan secara berkala terhadap saluran untuk meminimalisasi sedimen yang ada pada saluran dan perawatan berkala pada pompa yang sudah ada.

Kata kunci : Banjir, Kapasitas Saluran, Hidrograf, Pompa

OPERATIONAL PLAN FOR FLOOD CONTROL IN SIMOKERTO AREA OF SURABAYA

Student 1 : Anita Ratna Anggraeni
NRP : 3116040503
Prodi : DIV Civil Engineering In Advanced
(Extended) Level
Lecture : Ir. FX Didik Harijanto, CES

ABSTRACT

Surabaya is the biggest city in East Java. And due to globalization era, Surabaya becomes a city with rapid growth in every aspect including development sector. This growth is influenced by increases in economic changes as well as the city development that eventually cause changes in land use. As the city lacks absorption areas, many urban issues emerge including flood. One of the areas affected by flood is Simokerto, an important area in the city since it becomes an access to Central Surabaya from Madura.

In regards to the aforementioned condition, this final project aimed to analyze if the channel capacity can accommodate flood discharge, whether Simolawang pump capacity is sufficient to accelerate water discharge to Simokerto channel. Furthermore, the study tried to find the best solution if the channel capacity cannot accommodate planned flood discharge and pump system cannot work optimally.

The analyzed drainage system was only a small part of the system in Simokerto and was directly related to Simolawang pump and Simokerto channel. The analysis included channel dimension, channel capacity and pump capacity. Furthermore, Log Pearson type III was employed to calculate rainfall plan, Monoboe to measure rain intensity and rational formula to

calculate flood discharge, before it was compared with the calculation of current channel capacity. Calculating flood hydrograph on inflow and outflow pump was also performed in the study.

In the study, the writer proposed some solutions to solve problems in the drainage system in Simokerto, including by increasing the amount of pumps with the same capacity in Simolawang pump, pump planning in the secondary channel that was unable to accommodate flood discharge as well as widening channels in some tertiary channels. Another solution is by performing regular channel maintenance to minimize the existing sediment on it and periodic maintenance of the pumps.

Keywords: flood, channel capacity, hidrograf, pump

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada kehadiran Allah SWT. Yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya dalam menyelesaikan Tugas Akhir Terapan dengan judul **“RENCANA OPERASI PENGENDALIAN BANJIR DI KAWASAN SIMOKERTO KOTA SURABAYA”**. Tugas akhir terapan ini merupakan salah satu syarat kelulusan bagi seluruh mahasiswa dalam menempuh pendidikan pada program studi Diploma Empat Lanjut Jenjang Teknik Sipil FV ITS.

Tugas akhir terapan ini disusun dengan tujuan untuk penanggulangan dan pencegahan banjir di kawasan sekitar saluran tersebut.

Kami ucapkan terima kasih atas segala bimbingan, arahan dan bantuan dari :

1. Allah S.W.T
2. Kedua orang tua kami yang selalu memberikan motivasi dan doa.
3. Ir.FX. Didik Harijanto, CES, selaku dosen pembimbing tugas akhir terapan serta dosen wali.
4. Rekan – rekan Diploma IV Teknik Sipil ITS serta semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir Terapan ini, yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Saya menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir Terapan ini masih terdapat kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, saya mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun demi terciptanya hasil yang lebih baik.

Surabaya , Juli 2017

Penyusun

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR ASISTENSI	ii
LEMBAR REVISI	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
BAB II KONDISI WILAYAH.....	5
2.1 Lokasi dan Kondisi Eksisting Sistem Drainase Pegirian Kawasan Simokerto	5
2.2 Daerah Genangan	9
2.3 Tata Guna Lahan	11
2.4 Data Hujan	12
2.5 Data Rumah Pompa.....	13
BAB III METODE DAN LANDASAN TEORI.....	15
3.1 Langkah Penyusunan.....	15
3.1.1 Tahap 1 Persiapan.....	15
3.1.2 Tahap 2 Studi Literatur.....	15
3.1.3 Tahap 3 Survey Lapangan	16
3.1.4 Tahap 4 Pengumpulan Data	17
3.1.5 Tahap 5 Analisa Data.....	17
3.1.6 Tahap 6 Pengambilan Keputusan	20
3.1.7 Tahap 7 Alternatif Pengendalian Banjir	20
3.1.8 Tahap 8 Kesimpulan	21
3.2 Landasan Teori.....	21
3.2.1 Analisa Hidrologi.....	21

3.2.2	Analisa Hidrolika.....	45
3.2.3	Rumah Pompa.....	49
3.3	Diagram Alir (<i>Flow Chart</i>) Rencana Operasi Pengendalian Banjir di Kawasan Simokerto Kota Surabaya.....	50
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN		53
4.1	Analisa Curah Hujan	53
4.1.1	Curah Hujan Rata-rata Wilayah.....	54
4.2	Perhitungan Curah Hujan Rencana	57
4.2.1	Perhitungan Curah Hujan Rencana dengan Metode Log-Pearson III.....	58
4.3	Uji Kecocokan Distribusi Hujan	61
4.3.1	Uji Kecocokan Chi-Kuadrat menggunakan Metode Log-Pearson III.....	61
4.3.2	Uji Smirnov-Kolmogorof menggunakan Metode Log-Pearson tipe III.....	63
4.4	Pemilihan Hujan Rencana	65
4.5	Analisa Konsentrasi Waktu	66
4.5.1	Perhitungan t_0	66
4.5.2	Perhitungan t_f	71
4.5.3	Perhitungan T_c	76
4.6	Analisa Intensitas Hujan.....	81
4.6.1	Intensitas Hujan Periode Ulang 2 tahun.....	81
4.6.2	Intensitas Hujan Periode Ulang 5 tahun.....	84
4.6.3	Intensitas Hujan Periode Ulang 10 tahun.....	85
4.7	Hitungan Koefisien Pengaliran Rata-Rata	86
4.8	Hitungan Debit (Q) Rencana.....	90
4.8.1	Hitungan Debit Rencana dengan Metode Rasional pada Saluran Primer, Sekunder dan Tersier	90
4.9	Analisa Hidrolika	94
4.9.1	Perhitungan Full Bank Capacity	94
4.9.2	Perbandingan Kapasitas Saluran Eksisting dengan Debit Rencana	99
4.9.3	Pengaruh Aliran Balik (Back Water).....	103

4.10 Analisa Pompa Saluran Simolawang	106
4.10.1 Pembuatan Hidrograf Banjir	106
4.10.2 Perhitungan Operasi Pompa	109
4.10.3 Perhitungan Volume Saluran Simolawang ...	109
4.11 Penentuan Solusi	110
4.11.1 Penambahan Kapasitas Pompa di Saluran Simolawang	110
4.11.2 Perencanaan Pompa di Saluran Simokerto (Rencana 1)	115
4.11.3 Perencanaan Pompa di Saluran Simokerto (Rencana 2)	119
4.11.4 Perhitungan Volume Saluran Simokerto	123
4.11.5 Perencanaan Pompa di Saluran Sidodadi Simolawang (Rencana 1)	124
4.11.6 Perencanaan Pompa di Saluran Sidodadi Simolawang (Rencana 2)	128
4.11.7 Perhitungan Volume Saluran Sidodadi Simolawang	132
4.12 Pembahasan Solusi	133
BAB V KESIMPULAN	135
5.1 Kesimpulan	135
5.2 Saran	136
DAFTAR PUSTAKA	137
BIOGRAFI PENULIS	139
LAMPIRAN	140

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Lokasi Sistem Drainase Pegirian.....	8
Gambar 2.2 Detail Sistem Drainase Pegirian.....	9
Gambar 2.3 Peta Kedalaman Genangan di Kawasan Simokerto	10
Gambar 2.4 Peta Lama Genangan di Kawasan Simokerto	11
Gambar 2.5 Peta Tata Guna Lahan Kawasan Simokerto	12
Gambar 2.6 Peta Letak Stasiun Penakar Hujan.....	13
Gambar 2.7 Rumah Pompa Simolawang.....	13
Gambar 3.1 Diagram Alir (<i>Flowchart</i>) Rencana Operasi Pengendalian Banjir di Kawasan Simokerto Kota Surabaya	51
Gambar 4.1 Hidrograf inflow VS Hidrograf Outflow Pompa Simolawang pada Debit Periode Ulang 5 Tahun ..	108
Gambar 4.2 Mass Inflow VS Mass Outflow Pompa Simolawang pada Debit Periode Ulang 5 Tahun	108
Gambar 4.3 Hidrograf inflow VS Hidrograf Outflow Rencana Pompa Simolawang pada Debit Periode Ulang 5 Tahun	113
Gambar 4.4 Mass Inflow VS Mass Outflow Rencana Pompa Simolawang pada Debit Periode Ulang 5 Tahun ..	113
Gambar 4.5 Hidrograf inflow VS Hidrograf Outflow (Rencana 1) Pompa Simokerto pada Debit Periode Ulang 5 Tahun	117
Gambar 4.6 Mass Inflow VS Mass Outflow (Rencana 1) Pompa Simokerto pada Debit Periode Ulang 5 Tahun.....	117
Gambar 4.7 Hidrograf inflow VS Hidrograf Outflow (Rencana 2) Pompa Simokerto pada Debit Periode Ulang 5 Tahun	121
Gambar 4.8 Mass Inflow VS Mass Outflow (Rencana 2) Pompa Simokerto pada Debit Periode Ulang 5 Tahun	121

Gambar 4.9 Hidrograf inflow VS Hidrograf Outflow (Rencana 1) Pompa Sidodadi Simolawang pada Debit Periode Ulang 5 Tahun.....	126
Gambar 4.10 Mass Inflow VS Mass Outflow (Rencana 1) Pompa Sidodadi Simolawang pada Debit Periode Ulang 5 Tahun.....	126
Gambar 4.11 Hidrograf inflow VS Hidrograf Outflow (Rencana 2) Pompa Sidodadi Simolawang pada Debit Periode Ulang 5 Tahun.....	130
Gambar 4.12 Mass Inflow VS Mass Outflow (Rencana 2) Pompa Sidodadi Simolawang pada Debit Periode Ulang 5 Tahun.....	130

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Parameter yang Digunakan untuk Menentukan Cara yang Tepat untuk Mencari Curah Hujan Rata-Rata Wilayah	24
Tabel 3. 2 Nilai Variabel Reduksi Gauss	27
Tabel 3. 3 Nilai Y_n	30
Tabel 3. 4 Nilai S_n	31
Tabel 3. 5 Nilai K untuk distribusi Log-Pearson III	33
Tabel 3. 6 Syarat-syarat Jenis Distribusi	34
Tabel 3. 7 Nilai variabel reduksi Gauss	36
Tabel 3. 8 Nilai-nilai Chi Kuadrat	37
Tabel 3.9 Nilai Kritis D_o untuk Uji Smirnov- Kolmogorov	38
Tabel 3.10 Koefisien Pengaliran Berdasarkan Karakteristik	40
Tabel 3.11 Nilai Koefisien Kekasaran Manning	47
Tabel 3.12 Langkah Perhitungan Metode Tahapan Langsung	48
Tabel 4. 1 Pemilihan Metode Pencarian Hujan Maksimum	53
Tabel 4. 2 Data Stasiun Hujan Gubeng	54
Tabel 4. 3 Data Stasiun Hujan Perak	55
Tabel 4. 4 Perhitungan Curah Hujan Harian Maksimum Metode Rata rata Aljabar	56
Tabel 4. 5 Rekapitulasi Nilai C_s dan C_k Metode Distribusi	57
Tabel 4. 6 Perhitungan <i>Log Pearson III</i>	58
Tabel 4. 7 Faktor Frekuensi untuk Distribusi <i>Log Pearson III</i>	60
Tabel 4. 8 Perhitungan Distribusi Hujan dengan <i>Log Pearson III</i>	60
Tabel 4. 9 Perhitungan Grup	62
Tabel 4.10 Perhitungan Uji Chi Kuadrat <i>Log Pearson III</i> ..	62
Tabel 4. 11 Uji Smirnov-Kolmogorof Distribusi	

<i>Log Pearson III</i>	64
Tabel 4. 12 Curah Hujan Rencana Terpilih.....	65
Tabel 4. 23 Perhitungan t_0 Saluran Tersier.....	67
Tabel 4. 34 Perhitungan t_0 Saluran Sekunder.....	69
Tabel 4. 45 Perhitungan t_0 Saluran Primer	70
Tabel 4. 56 Perhitungan t_f Saluran Tersier	72
Tabel 4. 67 Perhitungan t_f Saluran Sekunder	74
Tabel 4. 78 Perhitungan t_f Saluran Primer.....	75
Tabel 4. 89 Perhitungan T_c Saluran Tersier.....	76
Tabel 4. 20 Perhitungan T_c Saluran Sekunder	79
Tabel 4. 21 Perhitungan T_c Saluran Primer	80
Tabel 4. 22 Intensitas Hujan Periode Ulang 2 Tahun Saluran Tersier	82
Tabel 4. 23 Intensitas Hujan Periode Ulang 5 Tahun Saluran Sekunder.....	85
Tabel 4. 24 Intensitas Hujan Periode Ulang 10 Tahun Saluran Primer.....	85
Tabel 4. 25 Tabel Koefisien Pengaliran pada Setiap Jenis Lahan	86
Tabel 4. 26 Tabel Koefisien Pengaliran Lahan di Saluran Tersier.....	86
Tabel 4. 27 Tabel Koefisien Pengaliran Lahan di Saluran Sekunder.....	89
Tabel 4. 28 Tabel Koefisien Pengaliran Gabungan Lahan di Saluran Primer.....	89
Tabel 4. 29 Debit Rencana 2 Tahun Untuk Saluran Tersier.....	90
Tabel 4. 30 Debit Rencana 5 Tahun Untuk Saluran Sekunder.....	93
Tabel 4. 31 Debit Rencana 10 Tahun Untuk Saluran Primer	93
Tabel 4.32 Hasil Perhitungan Kapasitas Eksisiting Saluran Tersier.....	97
Tabel 4.33 Hasil Perhitungan Kapasitas Eksisiting Saluran Sekunder dan Primer	98

Tabel 4.34 Perbandingan Debit Rencana Periode Ulang 2 Tahun Saluran Tersier	100
Tabel 4.35 Perbandingan Debit Rencana Periode Ulang 5 Tahun Saluran Sekunder	102
Tabel 4.36 Perbandingan Debit Rencana Periode Ulang 10 Tahun Saluran Primer.....	102
Tabel 4.37 Perhitungan Panjang Pengaruh Back Water pada Saluran Primer Pegirian dengan Cara/Metode Tahapan Langsung atau <i>Direct Step</i> <i>Method</i>	105
Tabel 4.38 Mass Inflow dan Outflow Pompa Eksisting Simolawang pada Debit Periode Ulang 5 Tahun.....	107
Tabel 4.39 Perhitungan Volume Saluran Simolawang.....	109
Tabel 4.40 Mass Inflow dan Outflow Rencana Pompa Simolawang pada Debit Periode Ulang 5 Tahun.....	112
Tabel 4.41 Mass Inflow dan Outflow (Rencana 1) Pompa Simokerto pada Debit Periode Ulang 5 Tahun.....	116
Tabel 4.42 Mass Inflow dan Outflow (Rencana 2) Pompa Simokerto pada Debit Periode Ulang 5 Tahun.....	120
Tabel 4.43 Perhitungan Volume Saluran Simokerto	123
Tabel 4.44 Mass Inflow dan Outflow (Rencana 1) Pompa Sidodadi Simolawang pada Debit Periode Ulang 5 Tahun	125
Tabel 4.45 Mass Inflow dan Outflow (Rencana 2) Pompa Sidodadi Simolawang pada Debit Periode Ulang 5 Tahun	129
Tabel 4.46 Perhitungan Volume Saluran Sidodadi Simolawang.....	132
Tabel 4.47 Rekapitulasi Perencanaan Kapasitas dan Waktu Pengoperasian Pompa.....	133

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Surabaya adalah kota terbesar di Provinsi Jawa Timur, karena adanya era globalisasi menyebabkan Kota Surabaya menjadi kota dengan kemajuan yang pesat di segala aspek termasuk bidang pembangunan. Hal ini dipengaruhi oleh perubahan ekonomi Kota Surabaya yang semakin meningkat disertai juga dengan perkembangan kota yang menyebabkan perubahan tata guna lahan. Lahan yang dahulunya berfungsi sebagai daerah resapan kini berubah fungsi menjadi areal pemukiman. Semakin sedikitnya lahan resapan di Kota Surabaya menimbulkan berbagai dampak, salah satunya adalah banjir.

Salah satu kawasan di Surabaya yang mengalami banjir adalah kawasan Simokerto. Kawasan ini merupakan salah satu kawasan penting di Surabaya karena merupakan akses menuju Surabaya Pusat dari arah Madura. Kawasan ini juga merupakan daerah padat penduduk sehingga menyebabkan lahan yang dahulunya berfungsi sebagai daerah resapan berubah fungsi menjadi areal pemukiman dan saluran drainase sekunder yang ada juga digunakan untuk mengalirkan debit air limbah. Saat musim hujan tiba, saluran sekunder tersebut tidak mampu menampung debit dari saluran tersier, saluran limbah rumah tangga serta debit limpasan air hujan. Banjir di kawasan ini juga disebabkan karena pompa air Simolawang yang seharusnya mempercepat pembuangan air menuju saluran Simokerto tidak dapat bekerja secara optimal dan masih menyebabkan banjir di kawasan tersebut

Untuk mengatasi hal tersebut, maka diperlukan langkah-langkah untuk pengendalian banjir di kawasan Simokerto yaitu dengan cara melakukan perbandingan antara debit banjir rencana dengan kapasitas saluran. Selain itu juga perlu dilakukannya suatu usaha untuk mengoptimalkan operasi kerja dari pompa Simolawang

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah dimensi saluran drainase yang ada saat ini cukup memadai agar tidak terjadi genangan saat hujan di Kawasan Simokerto?
2. Apakah sistem pompa yang ada cukup memadai untuk mempercepat pembuangan air menuju Saluran Simokerto?
3. Bagaimana perbandingan antara volume air yang dipompa dengan kapasitas saluran?
4. Bagaimana solusinya apabila saluran drainase yang ada tidak mampu menampung debit yang melimpas dan sistem pompa tidak dapat bekerja secara optimal?

1.3 Batasan Masalah

Pokok bahasan dalam penulisan ini adalah melakukan rencana operasi pengendalian banjir di kawasan Simokerto. Pembahasan ini dibatasi pada :

1. Wilayah studi adalah sistem Pegirian dimulai dari saluran sekunder Simolawang.
2. Tidak membahas tentang struktur rumah pompa.
3. Debit yang dihitung hanya debit yang berdasarkan curah hujan, sedangkan debit dari limbah rumah tangga diabaikan.
4. Mengevaluasi pompa dan sistem drainase yang ada ditinjau dari fungsi dan kapasitasnya.

1.4 Tujuan

Tujuan dilakukannya penulisan ini adalah :

1. Mengetahui kapasitas debit yang dapat ditampung oleh saluran.
2. Mengetahui kemampuan pompa yang ada ditinjau dari kapasitas dan sistem operasi.
3. Mengetahui perbandingan volume yang dipompa dengan kapasitas pada saluran.
4. Mencari solusi apabila kapasitas saluran tidak mampu menampung debit banjir rencana dan sistem pompa tidak dapat bekerja secara optimal.

1.5 Manfaat

Manfaat dilakukan rencana operasi pengendalian banjir di Kawasan Simokerto ini adalah agar sistem drainase yang ada dapat menampung debit rencana dan pompa Simolawang dapat bekerja secara optimal sehingga tidak terjadi luberan baik di jalan raya maupun di pemukiman sekitar.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

KONDISI WILAYAH

Untuk Tugas akhir terapan berjudul “**Rencana Operasi Pengendalian Banjir di Kawasan Simokerto Kota Surabaya**” penyusun mengumpulkan beberapa data antara lain:

2.1 Lokasi dan Kondisi Eksisting Sistem Drainase Pegirian Kawasan Simokerto

Dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dalam *Surabaya Drainage Master Plan* (SDMP), sistem drainase Pegirian memiliki batas sistem yaitu sebagai berikut:

- Utara : dibatasi oleh laut
- Selatan : dibatasi oleh sistem Jeblokan dan Kali Mas
- Timur : dibatasi oleh sistem Lebak Indah & Tanah kali Kedinding
- Barat : dibatasi oleh sistem Greges

Di sistem drainase Pegirian, terdapat satu saluran primer yaitu saluran primer Pegirian yang dimulai dari intake di Kali Mas yang berada di Kelurahan Undaan dan mengalir ke utara melalui Kelurahan Ampel dan Kelurahan Wonokusumo lalu mengalir ke laut. Saluran primer Pegirian ini menerima debit dari beberapa saluran yaitu:

- Saluran tersier Karang Tembok I
- Saluran tersier Jalan Sawah
- Saluran tersier Sidorame Baru
- Saluran tersier Kebon Dalem 2
- Saluran tersier Kebon Dalem 1
- Saluran tersier Srenggan
- Saluran tersier Sidodadi Kulon 1
- Saluran tersier Kapasan Dalam
- Saluran tersier Gembong Sawah Barat
- Saluran tersier Gembong Sawah

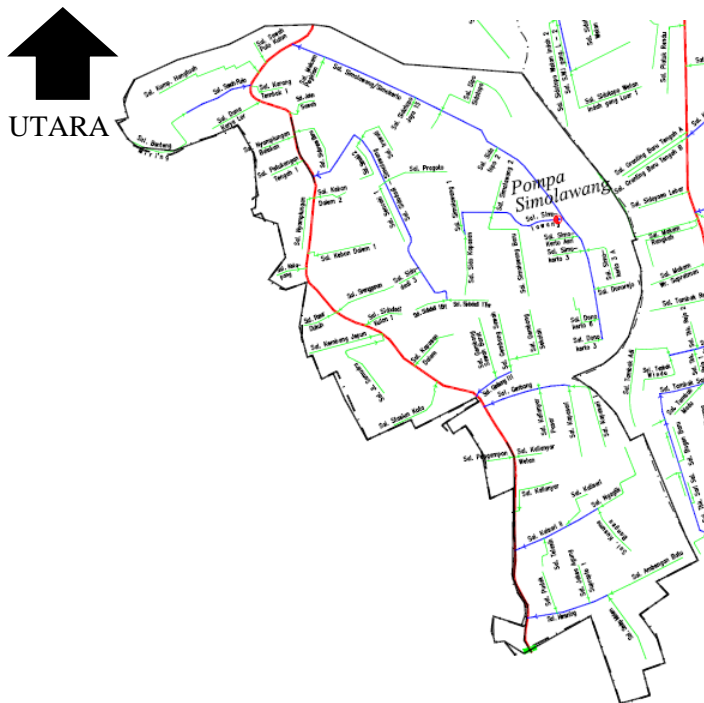
- Saluran tersier Gembong Sekolah
- Saluran tersier Donokerto 3
- Saluran tersier Donokerto 6
- Saluran tersier Donorejo 1
- Saluran tersier Simokerto 3A
- Saluran tersier Simokerto 3
- Saluran tersier Simokerto Asri
- Saluran tersier Simolawang Baru
- Saluran tersier Sidodadi 1 Timur
- Saluran tersier Sidodadi 1 Barat
- Saluran tersier Sidodadi 3
- Saluran tersier Sido Kapasan
- Saluran tersier Simolawang 1
- Saluran tersier Simolawang 2
- Saluran tersier Sencaki 1
- Saluran tersier Pragoto
- Saluran tersier Sidotopo 2
- Saluran tersier Irawati
- Saluran tersier Sencaki 2
- Saluran tersier Dipo Sidotopo
- Saluran tersier Sidotopo Jaya 15
- Saluran tersier Makam Pegirian
- Saluran tersier Sedap Malam
- Saluran tersier Ambengan Batu
- Saluran tersier Pudak
- Saluran tersier Jaksa Agung Suprpto I
- Saluran tersier Kusuma Bangsa
- Saluran tersier Ngaglik
- Saluran tersier Kalisari
- Saluran tersier Telasih
- Saluran tersier Kalianyar
- Saluran tersier Kalianyar Wetan
- Saluran tersier Pengampon

- Saluran tersier Kalianyar Pasar
- Saluran tersier Kapasari
- Saluran tersier Kapasari I
- Saluran tersier Stasiun Kota
- Saluran tersier Jalan Samudra
- Saluran tersier Kembang Jepun
- Saluran tersier Pasar Dukuh
- Saluran tersier Ketapang
- Saluran tersier Nyamplungan
- Saluran tersier Petukangan Tengah I
- Saluran tersier Nyamplungan Balokan
- Saluran tersier Danakarya Lor
- Saluran tersier Banteng Miring I
- Saluran tersier Komp Hangtuah
- Saluran tersier Sawah Pulo Kulon
- Saluran sekunder Simolawang
- Saluran sekunder Sidodadi-Simolawang
- Saluran sekunder Simokerto
- Saluran sekunder Gembong 3
- Saluran sekunder Gembong
- Saluran sekunder Kalisari II
- Saluran sekunder Kemuning
- Saluran sekunder Sawah Pulo

Sistem Saluran Drainase Pegirian ini dilengkapi satu pompa yang berada di Kelurahan Simolawang, yang memompa dari saluran sekunder Simolawang menuju saluran sekunder Simokerto. Adapun lokasi sistem drainase Pegirian adalah sebagai berikut :



Gambar 2. 1 Lokasi Sistem Drainase Pegirian

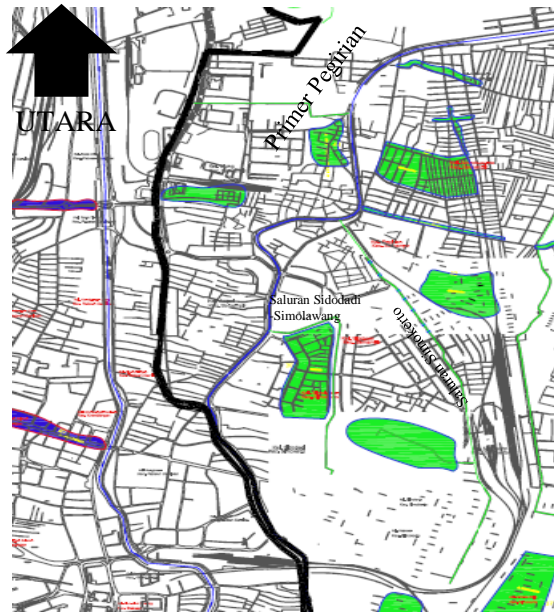


Gambar 2. 2 Detail Sistem Drainase Pegirian

2.2 Daerah Genangan

Di sistem ini, daerah genangan banjir terjadi di beberapa tempat yaitu di Kelurahan Simolawang dan di Kelurahan Pegirian. Genangan tersebut terjadi dalam jangka waktu ± 60 menit. Dimana keterangan warna pada peta lama genangan yaitu :

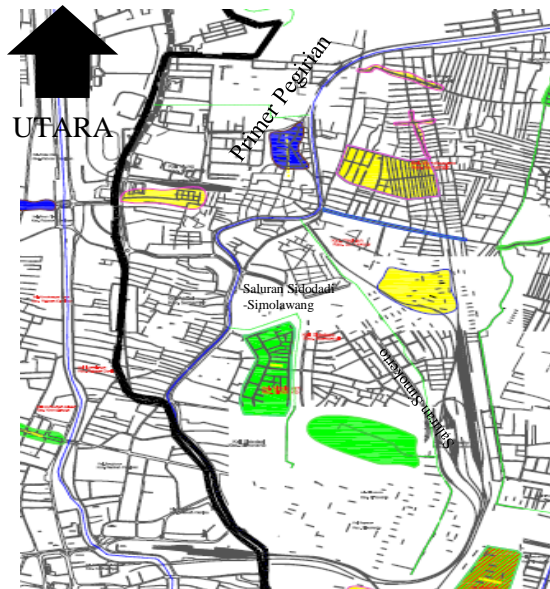
- Warna kuning : 0 – 1 jam
- Warna hijau : 1 – 2 jam
- Warna biru : 2 – 4 jam
- Warna orange : 4 – 6 jam
- Warna merah : > 6 jam



Gambar 2. 3 Peta Lama Genangan di Kawasan Simokerto

Sedangkan ketinggian genangan yang terjadi di kawasan ini $\pm 15-30$ cm. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat di gambar 2.4. Dimana keterangan warna pada peta tinggi genangan yaitu :

- Warna kuning : 0 – 15 cm
- Warna hijau : 15 – 30 cm
- Warna biru : 30-50 cm
- Warna orange : 50-70 cm
- Warna merah : > 70 cm

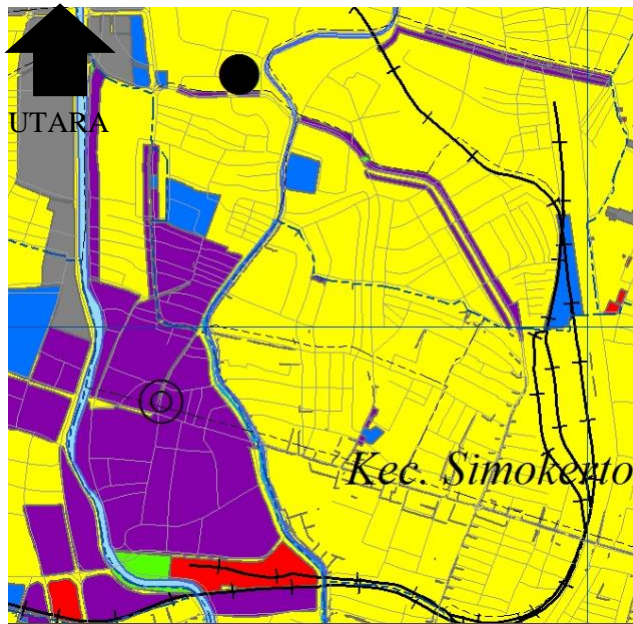


Gambar 2. 4 Peta Tinggi Genangan di Kawasan Simokerto

2.3 Tata Guna Lahan

Dalam struktur perwilayahan Propinsi Jawa Timur, Kota Surabaya ditetapkan sebagai pusat utama Jawa Timur. Fungsi dominan Kota Surabaya adalah sebagai pusat kegiatan komersial, finansial, perdagangan, informasi administrasi, sosial, dan kesehatan. Di sistem Pegirian ini, sebagian besar lahannya sudah beralih fungsi sebagai daerah pemukiman penduduk. Adapun peta tata guna lahan sistem ini dapat dilihat pada gambar 2.5. Dimana keterangan warna pada peta tata guna lahan yaitu :

- Warna merah = Fasilitas Umum
- Warna Hijau = RTH
- Warna Ungu = Perdagangan dan Jasa
- Warna Kuning = Pemukiman



Gambar 2. 5 Peta Tata Guna Lahan Kawasan Simokerto

2.4 Data Hujan

Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum pada setiap stasiun penakar hujan yang terletak di sekitar lokasi studi. Di sekitar lokasi studi terdapat dua stasiun penakar hujan yaitu stasiun penakar hujan Perak dan stasiun penakar hujan Gubeng. Dalam perhitungan nantinya hanya dipakai data hujan dari tahun 2001 sampai dengan tahun 2015. Adapun peta letak stasiun penakar hujan adalah sebagai berikut:



Gambar 2.6 Peta Letak Stasiun Penakar Hujan

2.5 Data Rumah Pompa

Di Kawasan Simokerto terdapat satu rumah pompa yang berfungsi untuk mempercepat pembuangan air menuju Saluran Simokerto. Adapun data data rumah pompa tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 2. 7 Rumah Pompa Simolawang

Rumah pompa ini beralamatkan di Jl. Simokerto VII/19 Kota Surabaya dan dibangun oleh Pemkot Surabaya. Pada tahun 2003, pernah dilakukan rehabilitasi pompa. Pompa yang digunakan di Rumah Pompa Simolawang menggunakan pompa dengan merk Grundfos sebanyak 1 unit sludge pump dengan kapasitas sebesar $0.25 \text{ m}^3/\text{dt}$ serta menggunakan 2 unit submersible pump dengan kapasitas sebesar $1.5 \text{ m}^3/\text{dt}$. Rumah pompa ini juga dilengkapi dengan PLN 105 kVA & 345 kVA, genset dengan merk Caterpillar dan 1 Unit Power sebesar 225 kVa.

BAB III

METODE DAN LANDASAN TEORI

3.1 Langkah Penyusunan

Di dalam pelaksanaan tugas akhir terapan ini dilakukan beberapa tahapan. Pada bab ini akan dijelaskan langkah-langkah yang dilakukan mulai dari awal hingga akhir yang berupa hasil kesimpulan. Adapun langkah-langkah dalam tugas akhir terapan ini adalah :

3.1.1 Tahap 1 Persiapan

Tahap persiapan sangat untuk menentukan tahapan-tahapan berikutnya yang akan dilakukan. Pada tahapan ini saya menyusun tugas akhir terapan serta mempersiapkan pembuatan proposal tugas akhir terapan saya.

3.1.2 Tahap 2 Studi Literatur

Studi literatur adalah mempelajari berbagai literatur yang berkaitan dengan permasalahan-permasalahan seputar tugas akhir terapan saya adapun buku yang dipakai antara lain :

- Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data karangan Soewarno
- Drainase Perkotaan karangan Wesli
- Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan karangan Supirin

Studi literatur ini mempelajari tentang teori-teori yang berkaitan dengan judul tugas akhir terapan saya. Sumber yang saya gunakan terutama dari buku “Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan” karangan Supirin.

3.1.3 Tahap 3 Survey Lapangan

Tahapan ini merupakan peninjauan secara langsung ke lapangan. Ini dilakukan untuk mengetahui keadaan eksisting saluran yang nantinya akan dilakukan perhitungan.

1. Keadaan Lapangan

Peninjauan keadaan lapangan dilakukan dengan cara mendatangi lokasi saluran sekunder, saluran tersier dan letak pompa serta melakukan pengamatan beserta tanya jawab kepada warga mengenai masalah banjir yang terjadi. Hasil dari survey saya diantaranya :

- a. Mengetahui saluran-saluran yang berada dalam sistem yang saya tinjau.
- b. Kondisi saluran saat banjir dan kebiasaan warga dalam pemeliharaan saluran.
- c. Kondisi pompa Simolawang dan pemeliharaan pompa tersebut

Hasil dari survey ini dipergunakan sebagai pertimbangan untuk melakukan rencana operasi pengendalian banjir kawasan Simokerto.

2. Dimensi Saluran

Peninjauan dimensi saluran dilakukan dengan pengukuran secara langsung ke lapangan dimaksudkan untuk perhitungan *full bank capacity*. Hasil dari survey ini ialah kondisi eksisting saluran yang meliputi panjang, lebar, kedalaman baik muka air serta kedalaman saluran.

3.1.4 Tahap 4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk membantu jalannya studi, data yang dikumpulkan meliputi data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diambil langsung dari studi lapangan yaitu dimensi dan elevasi saluran sedangkan data sekunder merupakan data yang didapat dari instansi terkait, literatur dan laporan dengan topik sejenis yang meliputi :

1. Peta umum Kota Surabaya.
2. Data curah hujan wilayah setempat.
3. Peta Tata Guna Lahan
4. *Surabaya Drainage Master Plan 2018*.
5. Data genangan.
6. Data potongan memanjang dan melintang dari sistem drainase Pegirian

3.1.5 Tahap 5 Analisa Data

Data yang telah diperoleh kemudian diolah dengan menggunakan metode- metode yang telah diajarkan atau metode lain yang mungkin diperlukan.

a. Analisa Hidrologi

Kajian hidrologi berkaitan dengan data hidrologi yang telah didapat sebelumnya. Data-data hidrologi tersebut digunakan untuk merencanakan dan menentukan debit banjir rencana dengan periode ulang tertentu. Sehingga dimensi saluran drainase dapat direncanakan dari debit banjir rencana tersebut. Kajian hidrologi meliputi :

1. Perhitungan curah hujan rata-rata

Perhitungan curah hujan rata-rata dilakukan dengan pengolahan data yang telah didapat dari masing-masing stasiun penangkaran hujan.

Menggunakan metode rata-rata aritmatika jika curah hujan yang didapat dengan mengambil nilai rata-rata hitung dari pengukuran hujan pada pos-pos penangkaran hujan di daerah tersebut.

2. Menentukan Curah Hujan Harian Maksimum Rencana

Dari data hujan maksimum yang diambil dari beberapa stasiun penangkaran hujan, kita dapat memperkirakan hujan rencana untuk masing-masing periode waktu.

3. Uji Kesesuaian Distribusi

Pengujian ini dipakai untuk mengetahui apakah suatu data jenis sebaran yang dipilih setelah penggambarannya pada kertas probabilitas, perlu pengujian lebih lanjut, pengujian itu dengan 2 cara yaitu :

- Uji Smirnov Kolmogorof

Pengujian ini dilakukan dengan menggambarkan probabilitas untuk setiap data distribusi teoritis dan empiris.

- Uji Chi-kuadrat

Pengujian ini dilakukan untuk menguji apakah distribusi pengamatan dapat disamai dengan baik oleh distribusi teoritis

4. Perhitungan Debit Rencana

Perhitungan ini dipakai sebagai dasar untuk merencanakan tingkat bahaya banjir pada suatu kawasan dengan penerapan angka-angka kemungkinan terjadinya banjir karena metode ini

pengembangannya sangat sederhana dan memasukan parameter DAS sebagai unsur pokok selain sifat-sifat hujan masukan.

b. Analisa Hidrolika

Kajian hidrolika meliputi perencanaan dimensi saluran drainase. Setelah diketahui debit yang akan ditampung, maka dapat ditentukan dimensi saluran yang diperlukan sesuai debit rencana. Perhitungan hidrolika meliputi:

1. Analisa Perhitungan Kapasitas Saluran

Tujuan analisa saluran untuk mengetahui kapasitas saluran eksisting di sistem drainase Pegirian dapat menerima debit yang rencana.

2. Perbandingan Q Full Bank Capacity dengan Q rencana

Perbandingan ini dimaksudkan untuk mengetahui manakah metode yang akan digunakan untuk mencari Q rencana dengan metode rasional yang mempunyai Q rencana lebih efektif, sehingga dapat dipakai sebagai dasar perencanaan

3. Melakukan tinjauan apakah ada *back water* di pertemuan antara saluran Simokerto dengan saluran primer Pegirian

c. Analisa Pompa

Pada analisa ini dilakukan observasi lapangan terhadap kinerja pompa dengan melakukan perhitungan jumlah volume air yang dapat dipompa.

3.1.6 Tahap 6 Pengambilan Keputusan

1. Perbandingan $Q_{rencana} < Q_s$ merupakan perbandingan antara tampungan air hujan pada saluran dengan debit banjir rencana, jika $Q_{rencana}$ lebih besar dibandingkan Q_s maka harus ada penanganan untuk saluran yang tidak bisa menampung debit banjir di sepanjang saluran Kawasan Simokerto.
2. Tinjauan *Back water* di pertemuan saluran Sekunder Simokerto dan saluran Primer Pegirian.
3. Melakukan perencanaan penambahan pompa berkapasitas sama di pompa Simolawang agar dapat menampung volume air yang ada

3.1.7 Tahap 7 Alternatif Pengendalian Banjir

Alternatif pengendalian banjir di kawasan Simokerto kota Surabaya merupakan beberapa solusi yang bisa di gunakan untuk mengendalikan banjir di kawasan tersebut. Adapun alternatif pengendalian banjir yang bisa dilakukan adalah :

1. Rencana Perbaikan Sistem Drainase
Tujuan dari perbaikan ini agar saluran yang tidak bisa menampung debit rencana dapat disesuaikan sehingga debit rencana dapat tertampung dan tidak terjadi genangan saat hujan.
2. Perencanaan Pemasangan Pompa
Perencanaan pemasangan pompa di beberapa saluran sekunder yang tidak dapat menampung debit rencana.
3. Perencanaan Penjadwalan Operasi Pompa
Perencanaan penjadwalan operasi pompa ini merupakan salah satu alternatif agar pompa yang telah ada dapat lebih bekerja dengan maksimal bisa juga dengan cara menambah jumlah pompa berkapasitas sama.

3.1.8 Tahap 8 Kesimpulan

Tahap akhir adalah kesimpulan yang merupakan jawaban dari rumusan masalah dan memenuhi harapan tujuan dari penulisan tugas akhir ini. Dalam kesimpulan dijawab solusi yang terbaik untuk menanggulangi banjir kawasan Simokerto Kota Surabaya. Solusi terbaik yang diambil diharapkan sesuai dengan kondisi lapangan.

3.2 Landasan Teori

3.2.1 Analisa Hidrologi

Untuk menyelesaikan persoalan drainase sangat berhubungan dengan aspek hidrologi khususnya masalah hujan sebagai sumber air yang akan dialirkan pada sistem drainase dan limpasan sebagai akibat tidak mempunyai sistem drainase mengalirkan ke tempat pembuangan akhir. Analisa hidrologi diperlukan untuk mengetahui debit pengaliran. Besar debit yang dipakai sebagai dasar perencanaan adalah debit hujan rencana yang tidak boleh terlalu besar untuk menghindari ukuran bangunan terlalu besar dan tidak terlalu ekonomis

3.2.1.1 Parameter dasar statistik

a) Nilai Rata-rata

Tinggi rata-rata hujan diperoleh dengan mengambil harga rata-rata hitung dari penakaran pada stasiun hujan dalam area tersebut. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} \dots\dots\dots (3.1)$$

Atau dapat ditulis sebagai :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan :

\bar{X} = Rata-rata hitung

n = Jumlah data

X_i = Nilai pengukuran dari suatu variat

Soewarno, 1995:38

b) Deviasi Standar

Pada umumnya ukuran dispersi yang paling banyak digunakan adalah deviasi standar. Apabila penyebaran data sangat besar terhadap nilai rata-rata maka nilai deviasi standar akan besar, akan tetapi apabila penyebaran data sangat kecil terhadap nilai rata-rata maka nilai deviasi standar akan kecil. Deviasi standar dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}} \dots\dots\dots (3.3)$$

Keterangan :

S = Deviasi standar
 X_i = Nilai variat
 \bar{X} = Nilai rata-rata
 n = Jumlah data

Soewarno, 1995:75

c) Koefesien Skewness (Kemencengan)

Koefesien Skewness (Kemencengan) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidak simetrisan dari suatu bentuk distribusi. Koefesien Skewness untuk sampel dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$CS = \frac{\frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{S^3} \dots\dots\dots (3.4)$$

Keterangan :

CS = Koefesien skewness
 S = Deviasi standar
 \bar{X} = Nilai rata-rata
 X_i = Data ke-i
 n = Jumlah data

Soewarno, 1995: 81

d) Koefesien Kurtosis

Koefesien kurtosis digunakan untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi. Koefesien kurtosis dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Ck = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \dots\dots\dots (3.5)$$

Keterangan :

Ck = Koefesien kurtosis

S = Deviasi standar

\bar{X} = Nilai rata-rata

X_i = Data ke-i

n = Jumlah data

Soewarno, 1995: 85

3.2.1.2 Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata Wilayah

Curah hujan yang diperlukan untuk suatu perencanaan saluran adalah curah hujan rata-rata di suatu wilayah yang ditinjau. Curah hujan ini dinyatakan dalam satuan milimeter (mm). Curah hujan rata-rata pada suatu wilayah digunakan sebagai data dalam perhitungan selanjutnya hingga didapatkan debit rencana.

Tabel 3. 1 Parameter yang Digunakan untuk Menentukan Cara yang Tepat untuk Mencari Curah Hujan Rata-Rata Wilayah

Parameter	Kondisi	Cara yang Dapat Digunakan
Jumlah Stasiun Hujan	Cukup	Aljabar, Poligon Thiessen, Ishoyet
	Terbatas	Rata-rata Aljabar, Poligon Thiessen
Luas DAS	>5000 km ² (Besar)	Ishoyet
	501-5000 km ² (Sedang)	Poligon Thiessen
	<500 km ² (Kecil)	Rata-rata Aljabar
Kondisi Topografi	Pegunungan	Poligon Thiessen
	Dataran	Aljabar
	Berbukit dan tidak beraturan	Ishoyet dan Poligon Thiessen

Sumber: Suripin, 2004:31-32

Untuk menghitung curah hujan rata-rata ada beberapa metode, yaitu :

1. Metode Aritmatika

Cara ini adalah perhitungan rata-rata secara aritmatika curah hujan di dalam dan di sekitar daerah yang bersangkutan.

$$R = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \dots \dots \dots (3.6)$$

Dimana :

R = Curah hujan daerah

n = Jumlah titik atau pos pengamatan

R₁, R₂, R_n = Curah hujan di tiap titik pengamatan

Wesli, 2008:43

2. Metode Poligon Thiesen

Jika titik-titik di daerah pengamatan di dalam daerah itu tersebar merata, maka cara perhitungan curah hujan dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan.

$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots \dots \dots (3.7)$$

Dimana :

\bar{R} = Curah hujan daerah

R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan di tiap titik pengamatan

A_1, A_2, \dots, A_n = Bagian daerah yang mewakili tiap titik pengamatan

Wesli, 2008:44

3. Metode Ishoyet

Peta isohyet digambar pada peta topografi dengan perbedaan 10 mm sampai 20 mm berdasarkan data curah hujan pada titik-titik pengamatan di dalam dan sekitar daerah yang dimaksud. Luas bagian daerah antara 2 garis isohyet yang berdekatan diukur dengan planimeter. Demikian pula harga rata-rata dari garis-garis isohyet yang berdekatan yang termasuk bagian-bagian itu dapat dihitung. Curah hujan daerah itu dapat dihitung menurut persamaan sebagai berikut :

$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots \dots \dots (3.8)$$

Dimana :

\bar{R} = Curah hujan daerah

R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan di tiap titik pengamatan

A_1, A_2, \dots, A_n = Luas bagian-bagian antara garis isohyet

Wesli, 2008:46

3.2.1.3 Perhitungan Curah Hujan Rencana

Untuk menghitung curah hujan rencana dapat menggunakan beberapa metode tergantung luasan area dan kondisi kawasan tersebut.

1. Metode Distribusi Normal

Distribusi normal banyak digunakan dalam analisa hidrologi. Distribusi normal atau kurva normal disebut pula distribusi Gauss. Fungsi densitas peluang normal (*normal probability density function*) dari variabel acak kontinyu X dapat ditulis sebagai berikut:

$$P(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{1}{2}\left(\frac{X-\mu}{\sigma}\right)^2} \dots\dots\dots (3.9)$$

Dimana :

$P(X)$ = Fungsi densitas peluang normal

π = 3,14156

e = 2,71828

X = Variabel acak kontinyu

μ = rata-rata dari nilai X

σ = deviasi standar dari nilai X

Data variabel hidrologi yang telah dihitung besarnya peluang atau periode ulangnya, selanjutnya apabila digambarkan pada kertas grafik peluang, umunya akan membentuk persamaan garis lurus. Persamaan umum yang digunakan adalah:

$$X = \bar{X} + K_T \cdot S \dots\dots\dots (3.10)$$

Dimana :

X = Perkiraan nilai peluang pada periode ulang tertentu

\bar{X} = Nilai rata-rata hitung variat

S = Deviasi standar nilai variat

K_T = Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisa peluang. *Suripin, 2004:37*

Nilai faktor frekuensi K_T umumnya sudah tersedia dalam tabel untuk mempermudah perhitungan, seperti ditunjukkan dalam Tabel 3.2, yang umum disebut sebagai tabel nilai variabel reduksi Gauss

Tabel 3. 2 Nilai Variabel Reduksi Gauss

No	Periode ulang, T (tahun)	Peluang	K_T
1	1,001	0,999	-3,05
2	1,005	0,995	-2,58
3	1,010	0,990	-2,33
4	1,050	0,950	-1,64
5	1,110	0,900	-1,28
6	1,250	0,800	10,84
7	1,330	0,750	-0,67
8	1,430	0,700	-0,52
9	1,670	0,600	-0,25
10	2,000	0,500	0
11	2,500	0,400	0,25
12	3,330	0,300	0,52
13	4,000	0,250	0,67
14	5,000	0,200	0,84
15	10,000	0,100	1,28
16	20,000	0,050	1,64
17	50,000	0,020	2,05
18	100,000	0,010	2,33
19	200,000	0,005	2,58
20	500,000	0,002	2,88
21	1000,000	0,001	3,09

Sumber : Suripin, 2004:37

2. Metode Distribusi Gumbel

Distribusi gumbel banyak digunakan untuk analisa data maksimum, seperti untuk analisa frekuensi banjir. Fungsi densitas kumulatif mempunyai bentuk:

$$F(x) = e^{-e^{-y}} \dots\dots\dots (3.11)$$

dimana :

$$y = \frac{x-u}{\alpha} \dots\dots\dots (3.12)$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6} s}{\pi} \dots\dots\dots (3.13)$$

$$u = \bar{x} - 0,5772 \alpha \dots\dots\dots (3.14)$$

dengan :

y = faktor reduksi Gumbel

u = modus dari distribusi (titik dari densitas probabilitas maksimum)

s = deviasi standar

Distribusi gumbel mempunyai sifat bahwa koefisien skewness $C_v = 1,1396$ dan koefisien kurtosis $C_k = 5,4002$ (Sri Harto, 1993).

Penyelesaian dari persamaan (3.11) menghasilkan :

$$y = -\ln \left[\ln \left(\frac{1}{F(x)} \right) \right] \dots\dots\dots (3.15)$$

dimana :

$$F(x_T) = \frac{T-1}{T} \dots\dots\dots (3.16)$$

Substitusi persamaan (3.16) ke dalam persamaan (3.15) menghasilkan :

$$y_T = -\ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \dots\dots\dots (3.17)$$

Dari Persamaan (3.12) diperoleh :

$$x_T = u + \alpha y_T \dots\dots\dots (3.18)$$

Distribusi Gumbel mempunyai sifat bahwa :

Koefisien skewness : $C_s = 1,14$

Koefisien kurtosis : $C_k = 5,4$

Analisa frekuensi dengan menggunakan metode Gumbel juga sering dilakukan dengan persamaan berikut ini.

$$x = \bar{x} + K_s \dots\dots\dots (3.19)$$

dengan K adalah frekuensi faktor yang bias dihitung dengan persamaan berikut :

$$y = y_n + K S_n \dots\dots\dots (3.20)$$

dengan y adalah faktor reduksi Gumbel seperti diberikan oleh persamaan (3.17), y_n dan S_n adalah rerata dan deviasi standar dari variat Gumbel, yang nilainya tergantung dari jumlah data. Untuk nilai y_n dapat diperoleh dari tabel 3.3

Tabel 3. 3 Nilai Y_n

n	y_n	n	y_n	N	y_n
8	0,4843	39	0,543	70	0,5548
9	0,4902	40	0,5436	71	0,5550
10	0,4952	41	0,5442	72	0,5552
11	0,4996	42	0,5448	73	0,5555
12	0,5053	43	0,5453	74	0,5557
13	0,5070	44	0,5258	75	0,5559
14	0,5100	45	0,5463	76	0,5561
15	0,5128	46	0,5468	77	0,5563
16	0,5157	47	0,5473	78	0,5565
17	0,5181	48	0,5447	79	0,5567
18	0,5202	49	0,5481	80	0,5569
19	0,5220	50	0,5485	81	0,5570
20	0,5235	51	0,5489	82	0,5572
21	0,5252	52	0,5493	83	0,5574
22	0,5268	53	0,5497	84	0,5576
23	0,5283	54	0,5501	85	0,5578
24	0,5296	55	0,5504	86	0,5580
25	0,5309	56	0,5508	87	0,5581
26	0,5320	57	0,5511	88	0,5583
27	0,5332	58	0,5515	89	0,5585
28	0,5343	59	0,5518	90	0,5586

Sumber : Triatmodjo, 2008:227

Sedangkan nilai S_n diperoleh dari tabel 3.4 berikut.

Tabel 3. 4 Nilai S_n

n	S_n	n	S_n	N	S_n
8	0,9043	39	1,1388	70	1,1854
9	0,9288	40	1,1413	71	1,1863
10	0,9497	41	1,1436	72	1,1873
11	0,9676	42	1,1458	73	1,1881
12	0,9833	43	1,1480	74	1,1890
13	0,9972	44	1,1490	75	1,1898
14	1,0098	45	1,1518	76	1,1906
15	1,0206	46	1,1538	77	1,1915
16	1,0316	47	1,1557	78	1,1923
17	1,0411	48	1,1574	79	1,1930
18	1,0493	49	1,1590	80	1,1938
19	1,0566	50	1,1607	81	1,1945
20	1,0629	51	1,1623	82	1,1953
21	1,0754	52	1,1638	83	1,1959
22	1,0811	53	1,1653	84	1,1967
23	1,0864	54	1,1667	85	1,1973
24	1,0914	55	1,1681	86	1,1980
25	1,0961	56	1,1696	87	1,1987
26	1,0961	57	1,1708	88	1,1994
27	1,1004	58	1,1721	89	1,2001
28	1,1047	59	1,1734	90	1,2007

Sumber : Triatmodjo,2008:227

3. Distribusi *Log Pearson* Tipe III

Distribusi *Log-Pearson* III banyak digunakan dalam analisa hidrologi, terutama dalam analisa data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai ekstrem.

Prosedur untuk menentukan kurva distribusi log-Pearson tipe III, adalah :

1. Tentukan logaritma dari semua nilai variat X

2. Hitung nilai rata-ratanya :

$$\overline{\log x} = \frac{\sum \log x}{n} \dots\dots\dots (3.21)$$

n = Jumlah data

3. Hitung nilai deviasi standarnya dari log X :

$$S \log \bar{X} = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \overline{\log X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (3.22)$$

4. Hitung nilai koefisien kemencengan

5. Tentukan antilog dari log X, untuk mendapat nilai X yang diharapkan terjadi pada tingkat peluang atau periode tertentu sesuai dengan nilai C_s -nya.

Persamaan garis lurusnya adalah :

$$X_t = \bar{X} - k \cdot S \dots\dots\dots (3.23)$$

Dimana :

X_t = Nilai logaritmik dari X

\bar{X} = Nilai rata-rata dari X

S = Deviasi standar dari X

k = variabel standar untuk X_t yang besarnya tergantung koefisien kemencengan C_s , dari tabel 3.5 di bawah ini memperlihatkan harga K untuk berbagai nilai kemencengan C_s

Soewarno, 1995: 142

Tabel 3. 5 Nilai K untuk distribusi *Log-Pearson III*

Cs	Interval Kejadian, tahun (periode ulang)							
	1,0101	1,2500	2	5	10	25	50	100
	Persentase peluang terlampaui							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	-0,696	0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,192	3,605
1,8	-1,087	-0,779	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-1,0	-3,022	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-2,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-2,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318

Sumber : Suripin, 2004:43

Dari ketiga metode diatas akan diambil satu metode yang akan digunakan dalam perhitungan selanjutnya dengan ketentuan sebagai berikut :

Tabel 3. 6 Syarat-syarat Jenis Distribusi

Distribusi	Syarat Nilai
Distribusi Normal	$Cs \approx 0$ $Ck \approx 3$
Distribusi Gumbel	$Cs \leq 1,139$ $Ck \leq 5,4002$
Distribusi Log Person Type III	$Cs \pm 0$ $Ck \pm 0$

Sumber : Soewarno, 1995: 142

3.2.1.4 Uji Kecocokan Distribusi Frekuensi Curah Hujan Rencana

Untuk menentukan kecocokan distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan/mewakili distribusi frekuensi tersebut diperlukan pengujian parameter. Pengujian parameter yang akan disajikan dalam bagian ini adalah :

1. Uji Kecocokan Chi-Kuadrat

Uji chi-kuadrat digunakan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisa. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter X^2 , oleh karena itu disebut dengan uji Chi-Kuadrat. Parameter X^2 dapat dihitung dengan rumus :

$$X^2_h = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots (3.24)$$

Dimana :

X^2_h = Parameter chi-kuadrat terhitung

G = Jumlah sub-kelompok

O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke i

E_i = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok i

Prosedur uji Chi-Kuadrat adalah :

- a) Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya)
- b) Kelompokkan data menjadi G sub-grup, tiap-tiap sub-grup minimal 4 data pengamatan
- c) Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E
- d) Hitung nilai sub-grup $(O_i - E_i)^2$ dan $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
- e) Jumlah seluruh G sub-grup nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ untuk menentukan nilai chi-kuadrat
- f) Hitung derajat kebebasan dengan menggunakan rumus $DK = K - (\alpha + 1)$, dimana $\alpha = 2$ untuk distribusi normal dan binominal sedangkan $\alpha = 1$ untuk distribusi *poisson*.
- g) Cara nilai chi kuadrat dari harga DK dan $h = 5\%$ dari tabel distribusi chi kuadrat dan membandingkan periode ulang 10 tahun dengan variabel K dan peluang 9%, 5% , 2% pada tabel 3. variabel *Reduced Gauss*.
- h) Interpretasi data yang ada dengan membandingkan nilai Chi-Kuadrat teoritis dengan nilai Chi-Kuadrat dengan memasukan hasil (X^2_h) pada tabel 3. distribusi chi kuadrat.

- i) Apabila $(X^2_h) < (X^2_{C_r})$, berarti jumlah data dapat digunakan untuk perhitungan selanjutnya sesuai interpretasi datanya. *Soewarno, 1995: 194*

Tabel 3. 7 Nilai variabel reduksi Gauss

No	Periode ulang, T (tahun)	Peluang	K_T
1	1,001	0,999	-3,05
2	1,005	0,995	-2,58
3	1,010	0,990	-2,33
4	1,050	0,950	-1,64
5	1,110	0,900	-1,28
6	1,250	0,800	10,84
7	1,330	0,750	-0,67
8	1,430	0,700	-0,52
9	1,670	0,600	-0,25
10	2,000	0,500	0
11	2,500	0,400	0,25
12	3,330	0,300	0,52
13	4,000	0,250	0,67
14	5,000	0,200	0,84
15	10,000	0,100	1,28
16	20,000	0,050	1,64
17	50,000	0,020	2,05
18	100,000	0,010	2,33
19	200,000	0,005	2,58
20	500,000	0,002	2,88
21	1000,000	0,001	3,09

Sumber : Suripin, 2004: 37

Tabel 3. 8 Nilai-nilai Chi Kuadrat

dk	Taraf signifikansi					
	50%	30%	20%	10%	5%	1%
1	0,455	1,074	1,642	2,706	3,841	6,635
2	1,366	2,408	3,219	4,605	5,991	9,210
3	2,366	3,665	4,642	6,251	7,815	11,341
4	3,357	4,878	5,989	7,779	9,488	13,277
5	4,351	6,056	7,289	9,236	11,070	15,086
6	5,348	7,231	8,558	10,645	12,592	16,812
7	6,346	8,383	9,803	12,017	14,067	18,475
8	7,344	9,524	11,030	13,362	15,507	20,090
9	8,343	10,656	12,242	14,686	16,919	21,666
10	9,342	11,781	13,442	15,987	18,307	23,309
11	10,341	12,899	14,631	17,275	19,675	24,725
12	11,340	14,011	15,812	18,549	21,026	26,217
13	12,340	15,119	16,985	19,812	22,362	27,688
14	13,339	16,222	18,151	21,064	23,685	29,141
15	14,339	17,332	19,311	23,307	24,996	30,578

Sumber : Bambang Triatmodjo, 2008:240

2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov sering disebut juga uji kecocokan non parametrik (non parametric test), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu.

Prosedurnya adalah sebagai berikut :

- Urutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut.
- Tentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya).

- c) Dari kedua nilai peluang tersebut tentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis.

$$D = \text{maksimum} [P(X_m) - P'(X_m)] \dots\dots\dots (3.25)$$

- d) Berdasarkan tabel nilai kritis (Smirnov-Kolmogorov) pada tabel tentukan harga D_0 .

Apabila D lebih kecil dari D_0 maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima, apabila D lebih besar D_0 maka distribusi yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima. *Suripin, 2004:58-59*

Tabel 3. 9 Nilai kritis D_0 untuk uji Smirnov-Kolmogorov

N	Derajat Kepercayaan, α			
	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
$N > 50$	$1,07/N^{0,5}$	$1,22/N^{0,5}$	$1,36/N^{0,5}$	$1,63/N^{0,5}$

Sumber : Bonnier, 1980

3.2.1.5 Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran (*runoff coefficient*) adalah perbandingan antara jumlah air hujan yang mengalir atau melimpas di atas permukaan tanah (*surface runoff*) dengan jumlah air hujan yang jatuh dari atmosfer. Nilai koefisien pengaliran berkisar antara 0 sampai dengan 1 dan bergantung dari jenis tanah, jenis vegetasi, karakteristik tata guna lahan dan konstruksi yang ada di permukaan tanah seperti jalan aspal, atap bangunan dan lain lain yang menyebabkan air hujan tidak dapat sampai secara langsung ke permukaan tanah sehingga tidak dapat berinfiltrasi maka akan menghasilkan limpasan permukaan hampir 100%.

Untuk menentukan harga koefisien pengaliran dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$C_m = \frac{\sum_{i=1}^n A_i C_i}{\sum_{i=1}^n A} \dots\dots\dots (3.26)$$

Dimana :

C_m = Koefisien pengaliran rata-rata

A_i = Luas masing-masing tata guna lahan

C_i = Koefisien pengaliran masing-masing tata guna lahan

n = Banyaknya jenis penggunaan tanah dalam pengaliran

Besarnya koefisien pengaliran dapat dilihat pada tabel 3.10

Tabel 3. 10 Koefisien Pengaliran Berdasarkan Karakteristik

Tipe Daerah Pengaliran	Kondisi	Koefisien Aliran C
Rerumputan	Tanah Pasir, datar 2%	0,05-0,10
	Tanah pasir, rata-rata 2-7%	0,10-0,15
	Tanah pasir, curam 7%	0,15-0,20
	Tanah gemuk, datar 2%	0,13-0,17
	Tanah gemuk rata-rata 2-7%	0,18-0,22
	Tanah gemuk, curam 7%	0,25-0,35
Perkantoran	Daerah kota lama	0,75-0,95
	Daerah pinggiran	0,50-0,70
Perumahan	Kepadatan rumah/Ha 20	0,50-0,60
	Kepadatan rumah/Ha 20-60	0,60-0,80
	Kepadatan rumah/Ha 60-160	0,70-0,90
Perindustrian	Daerah ringan	0,50-0,80
	Daerah berat	0,60-0,90
Tempat bermain		0,20-0,35
Halaman kereta api		0,20-0,40
Daerah yang tidak dikerjakan		0,10-0,30
Jalan	Beraspal	0,70-0,95
	Beton	0,80-0,95
	Batu	0,70-0,85

Sumber : Wesli, 2008 : 33

3.2.1.6 Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan adalah jumlah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu. Besarnya intensitas hujan berbeda-beda, tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisa data hujan baik secara statistik maupun secara empiris. Intensitas hujan adalah ketinggian hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu air hujan terkonsentrasi. Untuk perhitungan intensitas curah hujan berdasarkan hujan harian dari stasiun curah hujan dapat dengan menggunakan rumus Mononobe seperti berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T_c} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (3.27)$$

Dimana :

I = Intensitas curah hujan dalam t jam (mm/jam)

R_{24} = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

T_c = Waktu konsentrasi (jam)

Waktu konsentrasi (T_c) adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titik control yang ditentukan di bagian hilir saluran.

Waktu konsentrasi untuk drainase perkotaan terdiri dari waktu yang diperlukan air untuk mengalir melalui permukaan tanah dari tempat terjauh ke saluran terdekat (*inlet time*) ditambah waktu untuk mengalir di dalam saluran ke tempat pengukuran (*conduit time*). Waktu konsentrasi dihitung dengan rumus berikut :

$$T_c = t_o + t_f \dots\dots\dots (3.28)$$

Dimana :

T_c = Waktu konsentrasi (jam).

t_o = *inlet time*, waktu yang diperlukan air hujan mengalir di permukaan tanah dari titik terjauh ke saluran terdekat (jam).

t_f = *conduit time*, waktu yang diperlukan air hujan untuk mengalir di dalam saluran sampai ke tempat pengukuran (jam).

Waktu konsentrasi besarnya sangat bervariasi dan dipengaruhi oleh factor-faktor berikut ini :

- Luas daerah pengaliran
- Panjang saluran drainase
- Kemiringan dasar saluran
- Debit dan kecepatan aliran

Untuk mencari harga t_o dan t_f dipakai rumus :

- Rumus Kirpich

$$t_o = 0,0195 \left(\frac{L_o}{\sqrt{S_o}} \right)^{0,77} \dots\dots\dots (3.29)$$

- Rumus Kerby

$$t_o = 1,44 \left(n \frac{L_o}{\sqrt{S_o}} \right)^{0,467} \dots\dots\dots (3.30)$$

Dimana :

t_o = *inlet time*, waktu yang diperlukan air hujan mengalir di permukaan tanah dari titik terjauh ke saluran terdekat (menit).

L_o = Jarak titik terjauh dengan saluran (m)

S_o = Kemiringan daerah pengaliran, dimana kemiringan adalah perbandingan antara selisih tinggi dengan panjang saluran.

$$S_o = \frac{\Delta H}{L} \dots\dots\dots (3.31)$$

Dimana :

ΔH = Selisih tinggi

L = Panjang saluran (m)

$$tf = \frac{L}{V} \dots\dots\dots (3.32)$$

Dimana :

t_f = *conduit time*, waktu yang diperlukan air hujan untuk mengalir di dalam saluran sampai ke tempat pengukuran (detik).

L = Panjang saluran (m)

V = Kecepatan aliran (m/det)

Wesli, 2008: 25

3.2.1.7 Perhitungan Debit Banjir Rencana

Dalam merencanakan bangunan air, misalnya: bendung, waduk, drainase dan lain sebagainya diperlukan untuk memperkirakan debit terbesar yang mungkin terjadi dalam suatu periode tertentu dari aliran sungai atau saluran. Debit terbesar ini biasanya disebut debit rencana. Perhitungan debit rencana untuk saluran drainase kota dilakukan berdasarkan hujan harian maksimum yang terjadi pada periode ulang tertentu. Periode ulang adalah periode tertentu dimana kemungkinan akan banjir rencana berulang.

Metode rasional yang digunakan untuk menghitung debit banjir rencana, apabila data hujan yang digunakan untuk data aliran sungai tidak mencukupi. Persamaan yang digunakan:

$$Q = 0,00278 \times C \times I \times A \dots\dots\dots (3.33)$$

Dimana :

Q = Debit rencana (m^3/s)

C = Koefisien pengaliran

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas das/ catchment area (km^2)

Suripin, 2004: 79

3.2.2 Analisa Hidrolika

Analisa hidrolika diperlukan untuk merencanakan dimensi saluran drainase yang dapat menampung limpasan baik dari tinjauan hidrolis maupun dari elevasi lapangan.

Tinjauan hidrolisis dimaksudkan untuk melakukan evaluasi kapasitas tampungan saluran dengan debit banjir periode tertentu. Evaluasi lapangan adalah pengamatan langsung di lapangan yang bertujuan untuk melihat kondisi saluran secara langsung.

Apabila dalam pengamatan di lapangan terjadi genangan, maka perlu dilakukan normalisasi sebagai salah satu solusinya. Tetapi bila kondisi lapangan sebaliknya maka ada perlunya dikaji kembali apakah masih relevan dipertahankan sampai tahun proyeksi. Dari hasil identifikasi maka perencanaan saluran drainase menggunakan batasan, yaitu :

- Dalam aliran luas penampang lintang aliran, kecepatan aliran serta debit selalu tetap setiap penampang melintang.
- Garis energi dan dasar saluran selalu sejajar.
- Bentuk penampang saluran drainase dapat berupa saluran terbuka atau tertutup.

3.2.2.1 Perencanaan Saluran Drainase

Rumus-rumus yang digunakan dalam perencanaan saluran drainase adalah sebagai berikut :

1. Penampang saluran segi empat

Rumus yang digunakan untuk menentukan dimensi saluran segiempat adalah :

a) Luas penampang saluran segi empat

$$A = b \cdot h \dots\dots\dots (3.43)$$

b) Keliling saluran segi empat

$$P = b + 2h \dots\dots\dots (3.44)$$

c) Jari-jari hidrolisis saluran segi empat

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots (3.45)$$

2. Penampang saluran trapesium

Rumus yang digunakan untuk menentukan dimensi saluran trapesium adalah :

a) Luas penampang saluran trapesium

$$A = (b + m \cdot h)h \dots\dots\dots (3.46)$$

b) Keliling saluran trapesium

$$P = b + 2h\sqrt{m^2 + 1} \dots\dots\dots (3.47)$$

c) Jari-jari hidrolisis saluran trapesium

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots (3.48)$$

d) Lebar atas muka air saluran trapezium

$$a = b + 2mh \dots\dots\dots (3.49)$$

e) Kemiringan dinding saluran

$$m = \frac{(a-b)}{2(y+z)} \dots\dots\dots (3.50)$$

3. Kecepatan aliran (V)

Untuk memperhitungkan kecepatan aliran dalam perhitungan kapasitas saluran yang direncanakan, digunakan rumus kecepatan manning.

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \dots\dots\dots (3.51)$$

4. Debit aliran

Untuk menghitung kapasitas saluran digunakan persamaan kontinuitas.

$$Q = A \cdot V \dots\dots\dots (3.52)$$

Dimana :

Q = Debit saluran (m³/detik)

V = Kecepatan aliran (m/det)

A = Luas basah saluran (m²)

P = Keliling basah saluran (m)

R = Jari-jari hidrolis (m)

n = Koefisien kekasaran manning (lihat tabel 3.11)

I = Kemiringan dasar saluran

b = Lebar dasar saluran (m)

h = Tinggi saluran (m)

- z = Tinggi jagaan (m)
 m = Kemiringan dinding saluran
 a = Lebar atas saluran (m)

Tabel 3. 11 Nilai Koefisien Kekasaran Manning

Tipe Saluran	Koefisien Manning
Baja	0,011 - 0,014
Baja Permukaan Gelombang	0,021 - 0,030
Semen	0,010 - 0,013
Beton	0,011 - 0,015
Pasangan Batu	0,010 - 0,014
Kayu	0,010 - 0,015
Bata	0,013
Aspal	0,017 - 0,030

Wesli, 2008:97

3.2.2.2 Pengaruh Aliran Balik (*Back Water*)

Sistem jaringan drainase memiliki saluran-saluran yang kecil bermuara /mengalir bergabung dengan saluran yang lebih besar atau saluran primer bermuara pada sungai, laut, dan sebagainya. Pada pertemuan tersebut misalnya bila terjadi kondisi air laut lebih tinggi daripada level muka air di saluran/sungai maka selalu terjadi aliran balik (*back water*). Untuk menghitung dan menentukan panjang pengaruh *back water* pada penampang teratur, diperlukan cara/metode Tahapan Langsung atau *Direct Step Methode*.

Langkah perhitungan metode tahapan langsung diselesaikan dengan tabel sebagai berikut :

Tabel 3.12 Langkah Perhitungan Metode Tahapan Langsung

y	A	P	R	$R^{4/3}$	V	$\alpha \cdot V^2/2g$	E	ΔE	I_f	I_f Rata2	$I_0 - I_f$ rata2	Δx	x
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Sumber : FX Didik Harijanto, 2014 : 30

Dimana :

1. Y = kedalaman aliran pada saluran (m)
2. A = luas penampang basah saluran (m^2)
3. P = keliling basah saluran (m)
4. R = jari-jari hidrolis saluran (m)
5. V = kecepatan aliran rata-rata
6. $\alpha \cdot V^2/2g$ = tinggi kecepatan
7. E = energi spesifik (m)

$$= E = y + \alpha \cdot V^2/2g$$
8. ΔE = perubahan energi spesifik (m)
9. I_f = miring energi (m)
10. I_f rata-rata = miring energi rata-rata
11. $I_0 - I_f$ = selisih miring dasar dengan miring energi rata-rata
12. Δx = panjang bagian saluran antara 2 tahap berurutan (m)

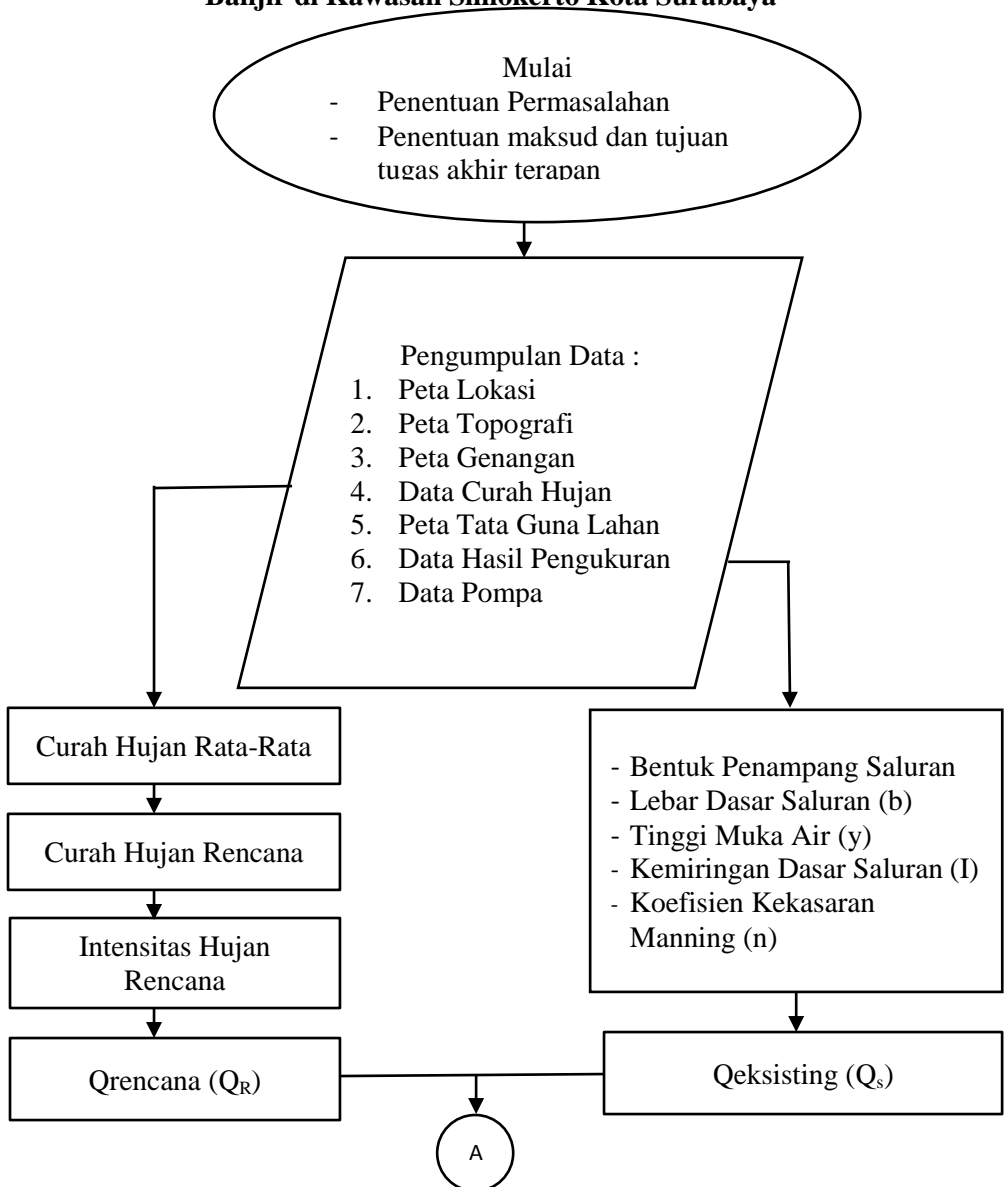
$$= \Delta x = \frac{\Delta E}{I_0 - I_f}$$
13. x = jarak dari penampang yang ditinjau terhadap titik control awal perhitungan (panjang pengaruh aliran balik /back water) (m)

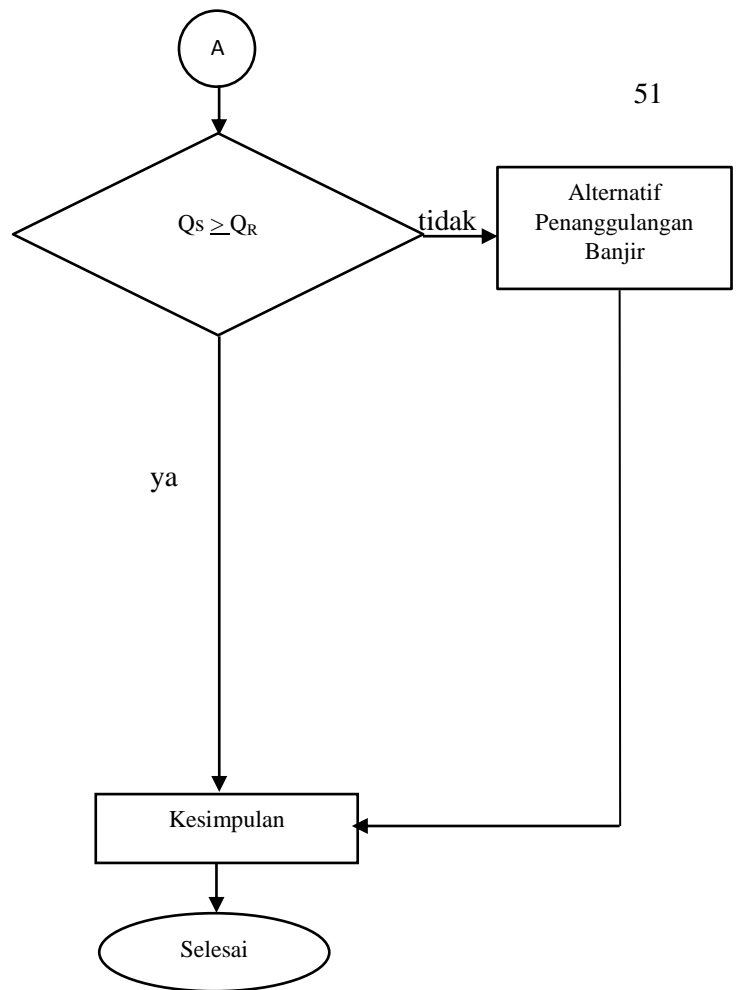
3.2.3 Rumah Pompa

Banjir atau genangan yang terjadi di daerah perkotaan, khususnya daerah yang terletak di dataran rendah dekat pantai, dapat berasal dari tiga sumber, yaitu air kiriman dari hulu yang meluap dari saluran primer, hujan setempat, dan genangan akibat air pasang. Begitu saluran primer diperbaiki, maka genangan akibat meluapnya saluran induk dapat dicegah. Sistem drainase yang tidak dapat sepenuhnya mengandalkan gravitasi sebagai faktor pendorong, maka perlu dilengkapi dengan pompa. Pompa ini berfungsi untuk membantu mengeluarkan air dari saluran drainase pada saat air tidak dapat mengalir secara gravitasi karena air di muaranya lebih tinggi baik akibat pasang surut maupun banjir. Tempat pengoperasian dan pemeliharaan pompa disebut rumah pompa. Pola operasi sistem kinerja rumah pompa berdasarkan pada muka air sungai induk dan kolam penampung.

Menurut Linsley and Franzini (1979), pada kasus sistem drainase pompa maka debit keluar maksimum sama dengan kapasitas pompa. Menurut Suripin (2003), muka air maksimum dan kapasitas pompa yang diperlukan dapat ditentukan berdasarkan elevasi muka terendah dan tata guna lahan daerah studi. Sehingga terjadi keseimbangan antara lahan yang sedikit, maka kapasitas pompa masih bisa diatasi.

3.3 Diagram Alir (Flowchart) Rencana Operasi Pengendalian Banjir di Kawasan Simokerto Kota Surabaya





Gambar 3. 1 Diagram Alir (*Flowchart*) Rencana Operasi Pengendalian Banjir di Kawasan Simokerto Kota Surabaya

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Curah Hujan

Data hujan yang diperoleh merupakan data dari stasiun hujan yang terjadi pada daerah tinjauan untuk perhitungan hidrologi. Ada tiga metode yang sering digunakan untuk mengolah data hujan tersebut, cara tersebut adalah Rata-rata Aljabar, Poligon Thiessen, dan Isohyet.

Ketiga cara diatas memiliki ketentuan yang berbeda untuk digunakan pada suatu daerah tangkapan air. Berikut adalah ketentuan-ketentuan yang dapat digunakan untuk menentukan cara mana yang paling sesuai terhadap daerah tangkapan air tersebut.

Tabel 4. 1 Pemilihan Metode Pencarian Hujan Maksimum

Parameter	Kondisi	Cara yang Dapat Digunakan
Jumlah Stasiun Hujan	Cukup	Aljabar, Poligon Thiessen, Ishoyet
	Terbatas	Rata-rata Aljabar, Poligon Thiessen
Luas DAS	>5000 km ² (Besar)	Ishoyet
	501-5000 km ² (Sedang)	Poligon Thiessen
	<500 km ² (Kecil)	Rata-rata Aljabar
Kondisi Topografi	Pegunungan	Poligon Thiessen
	Dataran	Aljabar
	Berbukit dan tidak beraturan	Ishoyet dan Poligon Thiessen

Sumber: Suripin, 2004:31-32

Dilihat dari jumlah stasiun hujan yang cukup, kondisi topografi yang datar serta luas DAS yang kurang dari 500 km², maka data hujan di kawasan Simokerto dihitung dengan cara Rata-rata Aljabar.

4.1.1 Curah Hujan Rata-rata Wilayah

Ada dua stasiun hujan yang berpengaruh dengan catchment area pada studi ini, yaitu stasiun hujan Gubeng dan stasiun hujan Perak.

Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan selama 15 tahun (2001 - 2015) dari stasiun hujan Gubeng dan stasiun hujan Perak. Data curah hujan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.2 dan tabel 4.3

Tabel 4. 2 Data Stasiun Hujan Gubeng

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)
2001	120
2002	170
2003	68
2004	86
2005	89
2006	106
2007	104
2008	98
2009	86
2010	106
2011	81
2012	70
2013	99
2014	109
2015	61

Sumber : UPT PSAWS. Buntung Paketingan Surabaya

Tabel 4. 3 Data Stasiun Hujan Perak

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)
2001	124
2002	143
2003	99
2004	172
2005	81
2006	95
2007	89
2008	53
2009	92
2010	109
2011	110
2012	94
2013	129
2014	103
2015	140

Sumber : UPT PSAWS. Buntung Paketingan Surabaya

Untuk menghitung curah hujan rata-rata wilayah menggunakan metode rata-rata aljabar (*Aritmatic Mean*) karena hanya ada dua stasiun hujan yang berpengaruh pada catchment area. Perhitungan curah hujan dengan metode rata-rata aljabar dapat dilihat pada tabel 4.4

Tabel 4. 4 Perhitungan Curah Hujan Harian Maksimum Metode
Rata-rata Aljabar

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum
2001	122
2002	156.25
2003	83.5
2004	129
2005	85
2006	100.5
2007	96.5
2008	75.5
2009	89
2010	107.5
2011	95.5
2012	82
2013	114
2014	106
2015	100.3

Sumber : Hasil perhitungan

4.2 Perhitungan Curah Hujan Rencana

Tujuan dilakukannya perhitungan ini adalah untuk mendapatkan curah hujan rencana pada setiap periode ulang yang diinginkan. Perhitungan curah hujan rencana dapat dilakukan dengan metode distribusi yaitu distribusi normal, gumbel dan *log pearson* III. Setelah dilakukan perhitungan parameter statistik pada ketiga jenis distribusi tersebut, maka bisa dilakukan rekapitulasi nilai derajat kemencengan (C_s) dan derajat keruncingan (C_k) dari kurva distribusi sehingga bisa terlihat distribusi mana yang layak digunakan. Rekapitulasi nilai C_s dan C_k dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. 5 Rekapitulasi Nilai C_s dan C_k Metode Distribusi

Jenis Sebaran (Metode)	Syarat Teoritis	Hasil Hitungan	Kesimpulan Syarat
Normal	$C_s = 0$	$C_s = 1.17$	Tidak Memenuhi
	$C_k = 3$	$C_k = 5.09$	Tidak Memenuhi
Gumbel	$C_s \leq 1,1396$	$C_s = 1.17$	Tidak Memenuhi
	$C_k \leq 5,4002$	$C_k = 5.09$	Memenuhi
Log Pearson III	Flexible	$C_s = 0.67$	Memenuhi
	Flexible	$C_k = 5.09$	Memenuhi

Dari tabel diatas terlihat bahwa nilai C_s dan C_k yang memenuhi terdapat pada distribusi *log pearson* III sehingga nilai curah hujan rencana yang digunakan untuk perhitungan selanjutnya didapat dari perhitungan menggunakan metode *log pearson* III

4.2.1 Perhitungan Curah Hujan Rencana dengan Metode *Log-Pearson* III

Distribusi *Log-Pearson* III banyak digunakan dalam analisis hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai ekstrem. Bentuk distribusi log-Pearson tipe III merupakan hasil transformasi dari distribusi Pearson tipe III dengan menggantikan variat menjadi nilai logaritmik. Perhitungan *Log Pearson* III dapat dilihat pada tabel 4.6

Tabel 4. 6 Perhitungan *Log Pearson* III

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum	Log X	$(\log X - \log X_{rata})^2$	$(\log X - \log X_{rata})^3$	$(\log X - \log X_{rata})^4$
2001	122	2.09	0.007	0.000552	0.000045
2002	156.25	2.19	0.036	0.006806	0.001290
2003	83.5	1.92	0.007	-0.000564	0.000047
2004	129	2.11	0.011	0.001200	0.000128
2005	85	1.93	0.006	-0.000420	0.000031
2006	100.5	2.00	0.000	0.000000	0.000000
2007	96.5	1.98	0.000	-0.000008	0.000000
2008	75.5	1.88	0.016	-0.002018	0.000255
2009	89	1.95	0.003	-0.000166	0.000009
2010	107.5	2.03	0.001	0.000020	0.000001
2011	95.5	1.98	0.001	-0.000014	0.000000
2012	82	1.91	0.008	-0.000741	0.000067
2013	114	2.06	0.003	0.000145	0.000008
2014	106	2.03	0.000	0.000009	0.000000
2015	100.3	2.00	0.000	0.000000	0.000000
Σ	1542.55	30.065	0.0985	0.004803	0.001881

Sumber : Hasil perhitungan

Perhitungan parameter *Log-Pearson III* :

- Nilai Rata – Rata

$$\text{Log } \bar{x} = \frac{\sum \text{Log } X_i}{n}$$

$$\text{Log } \bar{x} = \frac{30,065}{15}$$

$$\text{Log } \bar{x} = 2,004$$

- Standart Deviasi

$$\text{Slog } X = \sqrt{\left[\frac{\sum_{i=1}^n (\log x_i - \bar{\log x})^2}{n - 1} \right]}$$

$$\text{Slog } X = \sqrt{\left[\frac{0,0985}{15 - 1} \right]}$$

$$\text{Slog } X = 0,084$$

- Koefisien Skewness (Cs)

$$Cs = \frac{\sum (\text{Log } x - \bar{\text{Log } x})^3 n}{(n-1)(n-2)(\text{Slog } x)^3}$$

$$Cs = \frac{15 \cdot (0,004803)}{(14)(13)(0,084)^3}$$

$$Cs = 0,7$$

- Koefisien Kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{\sum (\text{Log } x - \bar{\text{Log } x})^4 n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)(\text{SLog } x)^4}$$

$$Ck = \frac{0,001881 \cdot 15^2}{(15-1)(15-2)(15-3)(0,084)^4}$$

$$Ck = 3,915$$

Dengan Koefisien Skewness = -0.7 maka harga k diperoleh seperti pada tabel 4.7

Tabel 4. 7 Faktor Frekuensi untuk Distribusi *Log Pearson III*

T (tahun)	Log X_r	K
2	2,004	-0,116
5	2,004	0,790
10	2,004	1,333
20	2,004	1,544

Nilai k = dapat dilihat di tabel 3.5

Selanjutnya dapat dihitung hujan rencana dengan periode ulang (T), sebagai berikut :

- Untuk periode ulang 2 tahun
 $\text{Log } X_2 = \overline{\text{Log } X} + (k \cdot S \log X)$
 $\text{Log } X_2 = 2,004 + (-0,116 \cdot 0,084)$
 $X_2 = 71,347 \text{ mm}$

Perhitungan selanjutnya terdapat pada tabel 4.8

Tabel 4. 8 Perhitungan Distribusi Hujan dengan *Log Pearson III*

T (tahun)	X_r	k	Log X_t	X_t (mm)
2	2.00	-0.116	1.995	98.760
5	2.00	0.790	2.071	117.644
10	2.00	1.333	2.116	130.651
20	2.00	1.544	2.134	136.094
50	2.00	2.407	2.206	160.766

Sumber : Hasil Perhitungan

4.3 Uji Kecocokan Distribusi Hujan

Untuk menentukan kecocokan distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan/mewakili distribusi frekuensi tersebut diperlukan pengujian parameter. Pengujian parameter yang akan disajikan dalam bagian ini adalah uji Chi-Kuadrat dan uji Smirnov- Kolmogorov.

4.3.1 Uji Kecocokan Chi-Kuadrat menggunakan Metode Log-Pearson III

Uji chi-kuadrat digunakan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter X^2 , oleh karena itu disebut dengan uji Chi-Kuadrat. Parameter X^2 dapat dihitung seperti pada rumus 3.24

- Perhitungan Chi Kuadrat

Banyak Data = 15

Jumlah Sub Kelompok = $1 + 3,322 \log n$
 $= 1 + 3,322 \log 15$
 $= 4,9 \sim 5$

Besarnya peluang untuk tiap sub-Grup adalah

Sub Grup 1 $P \leq 25\%$

Sub Grup 2 $P \leq 50\%$

Sub Grup 3 $P \leq 75\%$

Sub Grup 4 $P > 75\%$

Diketahui :

$S \log X = 0,084$

$C_s = 0,7$

k = Dari tabel *Reduced Variabel Gauss*

Tabel 4. 9 Perhitungan Grup

Batasan Peluang	K	Log X	X
25%	0.67	2.06	114.95
50%	0	2.00	101.00
75%	-0.67	1.95	88.74
100%	-3.05	1.75	56.04

Sumber : Hasil perhitungan

Setelah nilai $\log x$ didapatkan, maka nilai $\log x$ diposisikan sesuai interval sub kelompok kemudian dilakukan perhitungan nilai O_i dan E_i . Hasil perhitungan uji Chi-kuadrat dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 10 Perhitungan Uji Chi-Kuadrat Log Pearson III

No	Nilai Batas				O_i	E_i	$(O_i - E_i)^2$	X^2
1	Batas 1	X	\leq	1.75	0	3	14.063	3.000
2	Batas 2	1.75	$<$	X \leq 1.95	5	3	1.563	1.333
3	Batas 3	1.95	$<$	X \leq 2.00	4	3	0.063	0.333
4	Batas 4	2.00	$<$	X \leq 2.06	3	3	0.563	0.000
5	Batas 5	2.06	$<$	X	3	3	0.563	0.000
Σ					15	12		4.667

Sumber : Hasil perhitungan

Dari tabel di atas didapat $X^2 = 4,667$ dengan derajat kebebasan :

$$dk = G - (R + 1)$$

Dimana :

$$R = 2$$

$$G = 5$$

$$Dk = 5 - (2 + 1) = 2$$

Berdasarkan nilai kritis untuk uji Chi-kuadrat pada tabel 3.8 maka dengan $\alpha = 5\%$ diperoleh nilai $X^2 = 5,99$. Dari perhitungan didapat:

$$X^2 \text{ teoritis} > X^2 \longrightarrow 5,99 > 4,667$$

Sehingga metode distribusi *Log Pearson* III dapat digunakan.

4.3.2 Uji Smirnov-Kolmogorof menggunakan Metode *Log-Pearson tipe III*

Pengujian dengan metode ini bertujuan untuk menyaring metode distribusi yang telah lolos dari uji kesesuaian distribusi frekuensi dengan metode Chi-Kuadrat. Prosedur perhitungan pengujian ini dapat dilihat pada bab 3.

$$\begin{aligned} \overline{\text{Log } x} &= 2,004 \\ S \log x &= 0,084 \\ P(X) &= \frac{m}{n+1} = \frac{1}{15+1} = 0,063 \\ P(X<) &= 1 - P(X) = 1 - 0,063 = 0,938 \\ F(t) &= \frac{\text{Log } x - \overline{\text{Log } x}}{S \log x} = \frac{2,19 - 2,004}{0,084} = 2,259 \\ P'(X) &= \frac{m}{n-1} = \frac{1}{10-1} = 0,071 \\ P'(X<) &= 1 - P'(X) = 1 - 0,071 = 0,929 \\ D &= -\{P'(x) - P(x)\} = -(0,929 - 0,938) \\ &= 0,009 \end{aligned}$$

Perhitungan uji Smirnov-Kolmogorof dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 11 Uji Smirnov-Kolmogorof Distribusi *Log Pearson III*

X	Log X	M	$P(x) = \frac{m}{m/(n+1)}$	$P(x<)$	f(t)	$P'(x) = \frac{m}{m/(n-1)}$	$P'(x<)$	D
156.3	2.19	1	0.063	0.938	2.259	0.071	0.929	0.009
129	2.11	2	0.125	0.875	1.267	0.143	0.857	0.018
122	2.09	3	0.188	0.813	0.978	0.214	0.786	0.027
114	2.06	4	0.250	0.750	0.627	0.286	0.714	0.036
107.5	2.03	5	0.313	0.688	0.323	0.357	0.643	0.045
106	2.03	6	0.375	0.625	0.250	0.429	0.571	0.054
100.5	2.00	7	0.438	0.563	-0.026	0.500	0.500	0.063
100.3	2.00	8	0.500	0.500	-0.036	0.571	0.429	0.071
96.5	1.98	9	0.563	0.438	-0.236	0.643	0.357	0.080
95.5	1.98	10	0.625	0.375	-0.290	0.714	0.286	0.089
89	1.95	11	0.688	0.313	-0.655	0.786	0.214	0.098
85	1.93	12	0.750	0.250	-0.893	0.857	0.143	0.107
83.5	1.92	13	0.813	0.188	-0.985	0.929	0.071	0.116
82	1.91	14	0.875	0.125	-1.079	1.000	0.000	0.125
75.5	1.88	15	0.938	0.063	-1.507	1.071	-0.071	0.134

Sumber : Hasil perhitungan

Dari perhitungan di atas didapatkan

$D_{\text{maksimum}} = 0,134$.

D_0 dengan $n=15$ pada tabel 3.9 adalah 0,34

Karena $D_{\text{max}} < D_0 \rightarrow 0,134 < 0,34$, maka uji Distribusi Log Pearson III dapat digunakan

4.4 Pemilihan Hujan Rencana

Hujan rencana adalah hujan tahunan terbesar dengan peluang tertentu yang mungkin terjadi di suatu daerah. Dari hasil uji distribusi yang digunakan, maka untuk menghitung curah hujan rencana akan menggunakan Metode Log-Pearson Tipe III. Kemudian hasil perhitungan metode Log-Pearson Tipe III akan disajikan dalam bentuk tabel seperti pada tabel 4.12

Tabel 4. 12 Curah Hujan Rencana Terpilih

T (tahun)	Xr	k	Log Xt	Xt (mm)
2	2.00	-0.116	1.995	98.760
5	2.00	0.790	2.071	117.644
10	2.00	1.333	2.116	130.651
20	2.00	1.544	2.134	136.094
50	2.00	2.407	2.206	160.766

Sumber : Hasil perhitungan

Dimana :

- Periode ulang 2 tahun akan dipakai untuk perhitungan debit rencana saluran tersier
- Periode ulang 5 tahun akan dipakai untuk perhitungan debit rencana saluran sekunder
- Periode ulang 10 tahun akan dipakai untuk perhitungan debit rencana saluran primer Pegirian

4.5 Analisa Konsentrasi Waktu

Waktu konsentrasi (T_c) adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titik control yang ditentukan di bagian hilir saluran.

Waktu konsentrasi untuk drainase perkotaan terdiri dari waktu yang diperlukan air untuk mengalir melalui permukaan tanah dari tempat terjauh ke saluran terdekat (*inlet time*) ditambah waktu untuk mengalir di dalam saluran ke tempat pengukuran (*conduit time*). Waktu konsentrasi dihitung dengan rumus berikut:

$$T_c = t_o + t_f$$

Dimana :

- T_c = Waktu konsentrasi (jam).
 t_o = *inlet time*, waktu yang diperlukan air hujan mengalir di permukaan tanah dari titik terjauh ke saluran terdekat (jam).
 t_f = *conduit time*, waktu yang diperlukan air hujan untuk mengalir di dalam saluran sampai ke tempat pengukuran (jam).

4.5.1 Perhitungan t_o

$$t_o = 0,0195 \left(\frac{L_o}{\sqrt{S_o}} \right)^{0,77}$$

$$t_o = 0,0195 \left(\frac{178}{\sqrt{0.002}} \right)^{0,77} = 29,832 \text{ menit}$$

Dimana :

- t_o = Waktu yang diperlukan air hujan mengalir di permukaan tanah dari titik terjauh ke saluran terdekat (jam).
 L_o = Jarak titik terjauh dengan saluran (m)
 S_o = Kemiringan daerah pengaliran.

Tabel 4. 13 Perhitungan t_0 Saluran Tersier

No	Nama Saluran	L0 (m)	Δh (m)	S0	t_0 menit
1	Karang Tembok I	178	0.040	0.0002	26.80
2	Jalan Sawah	178	0.040	0.0002	29.35
3	Sidorame Baru	100	0.050	0.0001	21.85
4	Kebon Dalem 2	361	0.020	0.0001	66.07
5	Kebon Dalem 1	303	0.080	0.0002	44.47
6	Srenggan	190	0.080	0.0002	29.94
7	Sidodadi Kulon 1	120	0.080	0.0003	17.69
8	Kapasan Dalam	191	0.080	0.0002	28.44
9	Gembong Sawah Barat	167	0.060	0.0001	30.46
10	Gembong Sawah	111	0.060	0.0002	48.51
11	Gembong Sekolah	192	0.100	0.0002	29.81
12	Donokerto 3	101	0.040	0.0003	14.89
13	Donokerto 6	147	0.050	0.0002	26.47
14	Donorejo 1	180	0.050	0.0002	26.37
15	Simokerto 3A	140	0.100	0.0003	20.31
16	Simokerto 3	246	0.080	0.0004	28.36
17	Simokerto Asri	78	0.080	0.0004	11.19
18	Sidodadi 1 Timur	85	0.100	0.0004	12.60
19	Sidodadi 1 Barat	85	0.100	0.0005	11.51
20	Sidodadi 3	191	0.060	0.0004	23.58
21	Simolawang Baru	246	0.300	0.0004	27.57
22	Sido Kapasan	165	0.170	0.0004	19.81
23	Simolawang 1	244	0.100	0.0004	26.48
24	Simolawang 2	199	0.100	0.0005	22.22
25	Sencaki 1	144	0.290	0.0006	15.13
26	Pragoto	548	0.190	0.0004	49.12
27	Sidotopo 2	144	0.040	0.0004	18.67

Tabel 4. 13 Perhitungan t_0 Saluran Tersier (Lanjutan)

No	Nama Saluran	L0 (m)	Δh (m)	S0	t_0 menit
28	Irawati	262	0.090	0.0003	33.85
29	Sencaki 2	175	0.130	0.0004	22.19
30	Dipo Sidotopo	206	0.170	0.0002	30.16
31	Sidotopo Jaya 15	162	0.020	0.0002	28.89
32	Makam Pegirian	367	0.020	0.0001	56.21
33	Sedap Malam	257	0.020	0.0001	53.37
34	Ambengan Batu	63	0.040	0.0001	18.61
35	Pudak	192	0.030	0.0001	38.60
36	Jaksa Agung Suprpto I	242	0.030	0.0001	44.30
37	Kusuma Bangsa	374	0.030	0.0001	69.70
38	Ngaglik	754	0.050	0.0001	117.49
39	Kalisari	117	0.020	0.0001	31.39
40	Telasih	220	0.020	0.0001	44.09
41	Kalianyar	312	0.020	0.0001	73.18
42	Kalianyar Wetan	203	0.020	0.0001	39.26
43	Pengampon	243	0.020	0.0001	45.01
44	Kalianyar Pasar	279	0.040	0.0001	48.46
45	Kapasari	259	0.040	0.0001	52.33
46	Kapasari 1	168	0.040	0.0001	39.01
47	Stasiun Kota	294	0.090	0.0002	41.25
48	Jalan Samudra	229	0.070	0.0001	44.27
49	Kembang Jepun	191	0.070	0.0001	33.89
50	Pasar Dukuh	188	0.080	0.0003	23.95
51	Ketapang	119	0.080	0.0004	15.89
52	Nyamplungan	45	0.080	0.0002	9.48
53	Petukangan Tengah I	290	0.090	0.0004	31.73
54	Nyamplungan Balokan	187	0.090	0.0004	22.66
55	Danakarya Lor	355	0.060	0.0002	51.36

Tabel 4. 13 Perhitungan t_0 Saluran Tersier (Lanjutan)

No	Nama Saluran	L0 (m)	Δh (m)	S0	t_0 menit
56	Banteng Miring I	297	0.080	0.0001	50.81
57	Komp Hangtuah	208	0.070	0.0001	43.47
58	Sawah Pulo Kulon	235	0.090	0.0006	23.05

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4. 14 Perhitungan t_0 Saluran Sekunder

No	Nama Saluran	t_0 menit	Tc_1 menit	Tc_2 menit	Tc_3 menit	t_0 max menit
1	Simolawang					
	Ruas 1	42.92	19.81	26.48	-	42.92
	Ruas 2	42.92	27.57	22.22	45.93	45.93
2	Simokerto					
	Ruas 1	58.32	17.73	33.96	30.91	58.32
	Ruas 2	58.32	27.89	33.04	15.57	58.32
	Ruas 3	58.32	24.34	57.10	66.27	66.27
	Ruas 4	58.32	38.44	68.19	79.68	79.68
3	Simolawang					
	Ruas 1	33.08	23.53	19.19	32.02	33.08
	Ruas 2	33.08	30.29	66.71	41.72	66.71
	Ruas 3	33.08	51.72	38.81	55.50	55.50
4	Gembong 3	35.49	49.15	38.32	48.51	49.15
5	Gembong					
	Ruas 1	38.45	76.22	61.57	-	76.22
	Ruas 2	38.45	80.15	62.68	-	80.15
6	Kalisari II					
	Ruas 1	130.08	87.88	147.70	-	147.70

Tabel 4. 14 Perhitungan t_0 Saluran Sekunder (Lanjutan)

No	Nama Saluran	t_0 menit	Tc_1 menit	Tc_2 menit	Tc_3 menit	t_0 max menit
	Ruas 2	130.08	42.66	150.74	-	150.74
	Ruas 3	130.08	156.07	50.86	-	156.07
7	Kemuning					
	Ruas 1	40.87	47.15	81.01	-	81.01
	Ruas 2	40.87	56.56	83.33	52.84	83.33
8	Sawah Pulo	37.07	79.03	-	-	79.03

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4. 15 Perhitungan t_0 Saluran Primer

No	Nama Saluran	t_0 menit	Tc_1 menit	Tc_2 menit	Tc_3 menit	t_0 max menit
1	Primer Pegirian					
	Ruas 1	102.36	96.52	-	-	102.36
	Ruas 2	100.82	164.44	98.71	-	164.44
	Ruas 3	68.10	168.16	98.42	-	168.16
	Ruas 4	60.31	170.31	48.60	53.06	170.31
	Ruas 5	68.24	173.35	89.80	-	173.35
	Ruas 6	82.22	176.07	66.66	-	176.07
	Ruas 7	48.94	176.73	58.40	-	176.73
	Ruas 8	51.61	177.55	40.28	-	177.55
	Ruas 9	96.02	178.43	81.45	41.83	178.43
	Ruas 10	26.10	180.20	26.38	-	180.20
	Ruas 11	13.14	180.65	44.69	30.26	180.65
	Ruas 12	62.54	181.41	21.44	-	181.41
	Ruas 13	65.16	183.89	61.30	-	183.89
	Ruas 14	62.25	184.73	77.77	20.77	184.73
	Ruas 15	94.26	187.85	77.92	-	187.85
	Ruas 16	47.87	189.03	37.57	-	189.03

Tabel 4. 15 Perhitungan t_0 Saluran Primer (Lanjutan)

No	Nama Saluran	t_0 menit	Tc_1 menit	Tc_2 menit	Tc_3 menit	t_0 max menit
	Ruas 17	46.08	189.87	28.51	-	189.87
	Ruas 18	38.38	191.25	42.11	-	191.25
	Ruas 19	37.88	191.47	38.95	-	191.47
	Ruas 20	75.63	192.56	65.16	-	192.56
	Ruas 21	116.66	193.13	36.97	88.50	193.13
	Ruas 22	86.52	194.09	85.33	-	194.09
	Ruas 23	36.63	194.77	26.20	-	194.77
	Ruas 24	234.00	195.33	101.04	-	234.00
	Ruas 25	-	234.96	-	-	234.96

Sumber : Hasil Perhitungan

4.5.2 Perhitungan t_f

$$t_f = \frac{L}{V}$$

$$t_f = \frac{235}{0.386}$$

$$t_f = 610,230 \text{ s}$$

$$t_f = \frac{610,230}{60}$$

$$t_f = 10,170 \text{ menit}$$

Dimana :

t_f = *conduit time*, waktu yang diperlukan air hujan untuk mengalir di dalam saluran sampai ke tempat pengukuran (detik).

L = Panjang saluran (m)

V = Kecepatan aliran (m/det)

Tabel 4. 16 Perhitungan t_f Saluran Tersier

No	Nama Saluran	L (m)	V	Tf	
				(dtk)	(mnt)
1	Karang Tembok I	235	0.386	610.23	10.17
2	Jalan Sawah	226	0.393	575.80	9.60
3	Sidorame Baru	415	0.342	1215.37	20.26
4	Kebon Dalem 2	226	0.323	701.75	11.70
5	Kebon Dalem 1	458	0.454	1010.10	16.84
6	Srenggan	420	0.474	884.78	14.75
7	Sidodadi Kulon 1	267	0.512	521.19	8.69
8	Kapasan Dalam	362	0.510	710.12	11.84
9	Gembong Sawah Barat	426	0.380	1121.78	18.70
10	Gembong Sawah	396	0.394	1003.93	16.73
11	Gembong Sekolah	505	0.450	1122.33	18.71
12	Donokerto 3	120	0.708	169.96	2.83
13	Donokerto 6	318	0.708	449.29	7.49
14	Donorejo 1	210	0.770	272.27	4.54
15	Simokerto 3A	350	0.770	454.82	7.58
16	Simokerto 3	216	0.770	280.78	4.68
17	Simokerto Asri	195	0.742	262.76	4.38
18	Sidodadi 1 Timur	279	0.426	655.43	10.92
19	Sidodadi 1 Barat	221	0.479	460.75	7.68
20	Sidodadi 3	167	0.330	506.38	8.44
21	Simolawang Baru	755	0.389	1940.63	32.34
22	Sido Kapasan	405	0.388	1043.25	17.39
23	Simolawang 1	231	0.508	455.16	7.59
24	Simolawang 2	220	0.416	528.30	8.80
25	Sencaki 1	451	0.495	909.75	15.16
26	Pragoto	432	0.409	1055.53	17.59
27	Sidotopo 2	107	0.315	340.64	5.68

Tabel 4.16 Perhitungan t_f Saluran Tersier (Lanjutan)

No	Nama Saluran	L (m)	V	Tf	
				(dtk)	(mnt)
28	Irawati	340	0.317	1071.94	17.87
29	Sencaki 2	367	0.368	996.96	16.62
30	Dipo Sidotopo	769	0.476	1616.93	26.95
31	Sidotopo Jaya 15	132	0.230	573.31	9.56
32	Makam Pegirian	144	0.200	718.93	11.98
33	Sedap Malam	502	0.303	1657.95	27.63
34	Ambengan Batu	561	0.327	1712.33	28.54
35	Pudak	296	0.346	854.44	14.24
36	Jaksa Agung Suprpto I	268	0.364	735.92	12.27
37	Kusuma Bangsa	363	0.333	1090.92	18.18
38	Ngaglik	579	0.319	1812.86	30.21
39	Kalisari	313	0.463	676.36	11.27
40	Telasih	213	0.526	405.85	6.76
41	Kalianyar	395	0.26	1514.25	25.24
42	Kalianyar Wetan	186	0.33	560.07	9.33
43	Pengampon	184	0.38	482.89	8.05
44	Kalianyar Pasar	339	0.40	853.23	14.22
45	Kapasari	479	0.33	1433.11	23.89
46	Kapasari 1	532	0.39	1353.72	22.56
47	Stasiun Kota	452	0.44	1029.41	17.16
48	Jalan Samudra	697	0.31	2231.09	37.18
49	Kembang Jepun	501	1.05	476.61	7.94
50	Pasar Dukuh	238	0.63	378.94	6.32
51	Ketapang	205	0.62	333.15	5.55
52	Nyamplungan	381	0.56	677.55	11.29
53	Petukangan Tengah I	235	0.67	350.59	5.84
54	Nyamplungan Balokan	235	0.67	350.59	5.84

Tabel 4.16 Perhitungan t_f Saluran Tersier (Lanjutan)

No	Nama Saluran	L (m)	V	Tf	
				(dtk)	(mnt)
55	Danakarya Lor	365	0.44	828.08	13.80
56	Banteng Miring I	675	0.40	1692.97	28.22
57	Komp Hangtuah	805	0.32	2511.73	41.86
58	Sawah Pulo Kulon	156	0.82	189.39	3.16

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4. 17 Perhitungan t_f Saluran Sekunder

No	Nama Saluran	L (m)	V	Tf	
				(dtk)	(mnt)
1	Simolawang				
	Ruas 1	235	1.30	180.25	3.00
	Ruas 2	635	1.30	487.53	8.13
2	Simokerto				
	Ruas 1	250	0.93	268.15	4.47
	Ruas 2	195	0.93	209.02	3.48
	Ruas 3	750	0.93	804.44	13.41
	Ruas 4	1195	0.93	1281.61	21.36
3	Sidodadi-Simolawang				
	Ruas 1	395	0.76	518.65	8.64
	Ruas 2	629	0.76	826.55	13.78
	Ruas 3	1023	0.76	1345.20	22.42
4	Gembong 3	477	0.45	1050.28	17.50
5	Gembong				
	Ruas 1	174	0.74	236.26	3.94
	Ruas 2	426	0.74	578.51	9.64
6	Kalisari II				
	Ruas 1	131	0.72	182.41	3.04
	Ruas 2	229	0.72	319.84	5.33

Tabel 4.17 Perhitungan t_f Saluran Sekunder (Lanjutan)

No	Nama Saluran	L	V	Tf	
		(m)		(dtk)	(mnt)
7	Ruas 3	359	0.72	502.24	8.37
	Kemuning				
	Ruas 1	100	0.70	141.59	2.36
8	Ruas 2	564	0.70	802.90	13.38
	Sawah Pulo	469	0.83	568.02	9.47

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4. 18 Perhitungan t_f Saluran Primer

No	Nama Saluran	L	V	Tf	
		(m)		(dtk)	(mnt)
1	Primer Pegirian				
	Ruas 1	261	1.98	131.53	2.19
	Ruas 2	442	1.98	222.83	3.71
	Ruas 3	257	1.98	129.43	2.16
	Ruas 4	362	1.98	182.29	3.04
	Ruas 5	324	1.98	163.07	2.72
	Ruas 6	79	1.98	39.94	0.67
	Ruas 7	97	1.98	48.65	0.81
	Ruas 8	105	1.98	53.15	0.89
	Ruas 9	211	1.98	106.31	1.77
	Ruas 10	53	1.98	26.73	0.45
	Ruas 11	91	1.98	45.95	0.77
	Ruas 12	294	1.98	148.35	2.47
	Ruas 13	101	1.98	50.75	0.85
	Ruas 14	371	1.98	186.79	3.11
	Ruas 15	141	1.98	70.87	1.18
	Ruas 16	100	1.98	50.45	0.84
	Ruas 17	164	1.98	82.88	1.38

Tabel 4.18 Perhitungan t_f Saluran Primer (Lanjutan)

No	Nama Saluran	L (m)	V	Tf	
				(dtk)	(mnt)
	Ruas 18	27	1.98	13.51	0.23
	Ruas 19	129	1.98	65.17	1.09
	Ruas 20	68	1.98	34.23	0.57
	Ruas 21	114	1.98	57.66	0.96
	Ruas 22	80	1.98	40.54	0.68
	Ruas 23	67	1.98	33.63	0.56
	Ruas 24	114	1.98	57.36	0.96
	Ruas 25	135	1.98	68.20	1.14

Sumber : Hasil Perhitungan

4.5.3 Perhitungan T_c

$$T_c = t_0 + t_f$$

$$T_c = 29,832 \text{ menit} + 10,170 \text{ menit}$$

$$T_c = 40,002 \text{ menit} = 0,667 \text{ jam}$$

$$\text{Dimana } T_c = \text{waktu konsentrasi (jam)}$$

Tabel 4. 19 Perhitungan T_c Saluran Tersier

No	Nama Saluran	tf	t0	Tc	Tc
		(menit)	(menit)	(menit)	(jam)
1	Karang Tembok I	10.17	26.80	36.97	0.62
2	Jalan Sawah	9.60	29.35	38.95	0.65
3	Sidorame Baru	20.26	21.85	42.11	0.70
4	Kebon Dalem 2	11.70	66.07	77.77	1.30
5	Kebon Dalem 1	16.84	44.47	61.30	1.02
6	Srengganan	14.75	29.94	44.69	0.74
7	Sidodadi Kulon 1	8.69	17.69	26.38	0.44
8	Kapasan Dalam	11.84	28.44	40.28	0.67
9	Gembong Sawah Barat	18.70	30.46	49.15	0.82

Tabel 4.19 Perhitungan T_c Saluran Tersier (Lanjutan)

No	Nama Saluran	tf	t0 (menit)	Tc (menit)	Tc (jam)
10	Gembong Sawah	16.73	21.58	38.32	0.64
11	Gembong Sekolah	18.71	29.81	48.51	0.81
12	Donokerto 3	2.83	14.89	17.73	0.30
13	Donokerto 6	7.49	26.47	33.96	0.57
14	Donorejo 1	4.54	26.37	30.91	0.52
15	Simokerto 3A	7.58	20.31	27.89	0.46
16	Simokerto 3	4.68	28.36	33.04	0.55
17	Simokerto Asri	4.38	11.19	15.57	0.26
18	Sidodadi 1 Timur	10.92	12.60	23.53	0.39
19	Sidodadi 1 Barat	7.68	11.51	19.19	0.32
20	Sidodadi 3	8.44	23.58	32.02	0.53
21	Simolawang Baru	32.34	27.57	59.91	1.00
22	Sido Kapasan	17.39	19.81	37.20	0.62
23	Simolawang 1	7.59	26.48	34.06	0.57
24	Simolawang 2	8.80	22.22	31.02	0.52
25	Sencaki 1	15.16	15.13	30.29	0.50
26	Pragoto	17.59	49.12	66.71	1.11
27	Sidotopo 2	5.68	18.67	24.34	0.41
28	Irawati	17.87	33.85	51.72	0.86
29	Sencaki 2	16.62	22.19	38.81	0.65
30	Dipo Sidotopo	26.95	30.16	57.10	0.95
31	Sidotopo Jaya 15	9.56	28.89	38.44	0.64
32	Makam Pegirian	11.98	56.21	68.19	1.14
33	Sedap Malam	27.63	53.37	81.01	1.35
34	Ambengan Batu	28.54	18.61	47.15	0.79
35	Pudak	14.24	38.60	52.84	0.88

Tabel 4.19 Perhitungan T_c Saluran Tersier (Lanjutan)

No	Nama Saluran	tf (menit)	t0 (menit)	Tc (menit)	Tc (jam)
36	Jaksa Agung Suprpto I	12.27	44.30	56.56	0.94
37	Kusuma Bangsa	18.18	69.70	87.88	1.46
38	Ngaglik	30.21	117.49	147.70	2.46
39	Kalisari	11.27	31.39	42.66	0.71
40	Telasih	6.76	44.09	50.86	0.85
41	Kalianyar	1514.25	73.18	98.42	1.64
42	Kalianyar Wetan	560.07	39.26	48.60	0.81
43	Pengampon	482.89	45.01	53.06	0.88
44	Kalianyar Pasar	853.23	48.46	62.68	1.04
45	Kapasari	1433.11	52.33	76.22	1.27
46	Kapasari 1	1353.72	39.01	61.57	1.03
47	Stasiun Kota	1029.41	41.25	58.40	0.97
48	Jalan Samudra	2231.09	44.27	81.45	1.36
49	Kembang Jepun	476.61	33.89	41.83	0.70
50	Pasar Dukuh	378.94	23.95	30.26	0.50
51	Ketapang	333.15	15.89	21.44	0.36
52	Nyamplungan	677.55	9.48	20.77	0.35
53	Petukangan Tengah I	350.59	31.73	37.57	0.63
54	Nyamplungan Balokan	350.59	22.66	28.51	0.48
55	Danakarya Lor	828.08	51.36	65.16	1.09
56	Banteng Miring I	1692.97	50.81	79.03	1.32
57	Komp Hangtuah	2511.73	43.47	85.33	1.42
58	Sawah Pulo Kulon	189.39	23.05	26.20	0.44

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4. 20 Perhitungan T_c Saluran Sekunder

No	Nama Saluran	tf (menit)	t0 (menit)	Tc (menit)	Tc (jam)
1	Simolawang				
	Ruas 1	3.00	42.92	45.93	0.77
	Ruas 2	8.13	45.93	54.05	0.90
2	Simokerto				
	Ruas 1	4.47	58.32	62.79	1.05
	Ruas 2	3.48	58.32	61.80	1.03
	Ruas 3	13.41	66.27	79.68	1.33
	Ruas 4	21.36	79.68	101.04	1.68
3	Sidodadi-Simolawang				
	Ruas 1	8.64	33.08	41.72	0.70
	Ruas 2	13.78	66.71	80.49	1.34
	Ruas 3	22.42	55.50	77.92	1.30
4	Gembong 3	17.50	49.15	66.66	1.11
5	Gembong				
	Ruas 1	3.94	76.22	80.15	1.34
	Ruas 2	9.64	80.15	89.80	1.50
6	Kalisari II				
	Ruas 1	3.04	147.70	150.74	2.51
	Ruas 2	5.33	150.74	156.07	2.60
	Ruas 3	8.37	156.07	164.44	2.74
7	Kemuning				
	Ruas 1	2.36	81.01	83.37	1.39
	Ruas 2	13.38	83.33	96.71	1.61
8	Sawah Pulo	9.47	79.03	88.50	1.47

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4. 21 Perhitungan Tc Saluran Primer

No	Nama Saluran	tf (menit)	t0 (menit)	Tc (menit)	Tc (jam)
1	Primer Pegirian				
	Ruas 1	2.19	102.36	104.55	1.74
	Ruas 2	3.71	164.44	168.16	2.80
	Ruas 3	2.16	168.16	170.31	2.84
	Ruas 4	3.04	170.31	173.35	2.89
	Ruas 5	2.72	173.35	176.07	2.93
	Ruas 6	0.67	176.07	176.73	2.95
	Ruas 7	0.81	176.73	177.55	2.96
	Ruas 8	0.89	177.55	178.43	2.97
	Ruas 9	1.77	178.43	180.20	3.00
	Ruas 10	0.45	180.20	180.65	3.01
	Ruas 11	0.77	180.65	181.41	3.02
	Ruas 12	2.47	181.41	183.89	3.06
	Ruas 13	0.85	183.89	184.73	3.08
	Ruas 14	3.11	184.73	187.85	3.13
	Ruas 15	1.18	187.85	189.03	3.15
	Ruas 16	0.84	189.03	189.87	3.16
	Ruas 17	1.38	189.87	191.25	3.19
	Ruas 18	0.23	191.25	191.47	3.19
	Ruas 19	1.09	191.47	192.56	3.21
	Ruas 20	0.57	192.56	193.13	3.22
	Ruas 21	0.96	193.13	194.09	3.23
	Ruas 22	0.68	194.09	194.77	3.25
	Ruas 23	0.56	194.77	195.33	3.26
	Ruas 24	0.96	234.00	234.96	3.92
	Ruas 25	1.14	234.96	236.09	3.93

Sumber : Hasil Perhitungan

4.6 Analisa Intensitas Hujan

Besarnya intensitas hujan berbeda-beda. Waktu curah hujan sangat mempengaruhi besar kecilnya intensitas hujan. Untuk menghitung intensitas hujan dapat menggunakan rumus Mononobe, yaitu sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T_c} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Dimana :

- I = Intensitas curah hujan dalam t jam (mm/jam)
 R_{24} = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)
 T_c = Waktu konsentrasi (jam)

4.6.1 Intensitas Hujan Periode Ulang 2 tahun

Intensitas hujan periode ulang 2 tahun ini dihitung menggunakan rumus Mononobe dengan menggunakan curah hujan harian rata-rata maksimum periode ulang 2 tahun metode Log Pearson Type III. Intensitas hujan periode ulang 2 tahun dipergunakan untuk perhitungan di saluran tersier.

Contoh perhitungan intensitas hujan periode ulang 2 tahun di saluran Karang Tembok I

$$I = \frac{98,760}{24} \left(\frac{24}{0,62} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I = 47,28 \text{ mm/jam}$$

Tabel 4. 22 Intensitas Hujan Periode Ulang 2 Tahun Saluran Tersier

No	Nama Saluran	Tc jam	I mm/jam
1	Karang Tembok I	0.62	47.28
2	Jalan Sawah	0.65	45.67
3	Sidorame Baru	0.70	43.36
4	Kebon Dalem 2	1.30	28.80
5	Kebon Dalem 1	1.02	33.75
6	Srengganan	0.74	41.67
7	Sidodadi Kulon 1	0.44	59.22
8	Kapasan Dalam	0.67	44.66
9	Gembong Sawah Barat	0.82	39.11
10	Gembong Sawah	1.09	32.38
11	Gembong Sekolah	0.81	39.45
12	Donokerto 3	0.30	77.18
13	Donokerto 6	0.57	50.04
14	Donorejo 1	0.52	53.28
15	Simokerto 3A	0.46	57.06
16	Simokerto 3	0.55	50.97
17	Simokerto Asri	0.26	84.16
18	Sidodadi 1 Timur	0.39	63.91
19	Sidodadi 1 Barat	0.32	73.20
20	Sidodadi 3	0.53	52.04
21	Simolawang Baru	1.00	34.27
22	Sido Kapasan	0.62	47.09
23	Simolawang 1	0.57	49.94
24	Simolawang 2	0.52	53.15
25	Sencaki 1	0.50	54.00

Tabel 4. 22 Intensitas Hujan Periode Ulang 2 Tahun Saluran Tersier (Lanjutan)

No	Nama Saluran	Tc	I
		jam	mm/jam
26	Pragoto	1.11	31.90
27	Sidotopo 2	0.41	62.47
28	Irawati	0.86	37.80
29	Sencaki 2	0.65	45.78
30	Dipo Sidotopo	0.95	35.39
31	Sidotopo Jaya 15	0.64	46.07
32	Makam Pegirian	1.14	31.44
33	Sedap Malam	1.35	28.03
34	Ambengan Batu	0.79	40.21
35	Pudak	0.88	37.27
36	Jaksa Agung Suprpto I	0.94	35.61
37	Kusuma Bangsa	1.46	26.55
38	Ngaglik	2.46	18.78
39	Kalisari	0.71	42.98
40	Telasih	0.85	38.23
41	Kalianyar	1.64	24.62
42	Kalianyar Wetan	0.81	39.40
43	Pengampon	0.88	37.16
44	Kalianyar Pasar	1.04	33.25
45	Kapasari	1.27	29.19
46	Kapasari 1	1.03	33.65
47	Stasiun Kota	0.97	34.86
48	Jalan Samudra	1.36	27.93
49	Kembang Jepun	0.70	43.55
50	Pasar Dukuh	0.50	54.03

Tabel 4. 22 Intensitas Hujan Periode Ulang 2 Tahun Saluran Tersier (Lanjutan)

No	Nama Saluran	Tc jam	I mm/jam
51	Ketapang	0.36	67.99
52	Nyamplungan	0.35	69.45
53	Petukangan Tengah I	0.63	46.78
54	Nyamplungan		
54	Balokan	0.48	56.23
55	Danakarya Lor	1.09	32.40
56	Banteng Miring I	1.32	28.49
57	Komp Hangtuah	1.42	27.07
58	Sawah Pulo Kulon	0.44	59.48

Sumber : Hasil Perhitungan

4.6.2 Intensitas Hujan Periode Ulang 5 tahun

Intensitas hujan periode ulang 5 tahun ini dihitung menggunakan rumus Mononobe dengan menggunakan curah hujan harian rata-rata maksimum periode ulang 5 tahun metode Log Pearson Type III. Intensitas hujan periode ulang 5 tahun dipergunakan untuk perhitungan di saluran sekunder.

Contoh perhitungan intensitas hujan periode ulang 5 tahun di saluran Simolawang.

$$I = \frac{117,644}{24} \left(\frac{24}{0,90} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I = 43.72 \text{ mm/jam}$$

Tabel 4. 23 Intensitas Hujan Periode Ulang 5 Tahun Saluran Sekunder

No	Nama Saluran	Tc jam	I mm/jam
1	Simolawang	0.90	43.72
2	Simokerto	1.68	28.81
3	Sidodadi-Simolawang	1.30	34.26
4	Gembong 3	1.11	38.02
5	Gembong	1.50	31.17
6	Kalisari II	2.74	20.83
7	Kemuning	1.61	29.71
8	Sawah Pulo	1.47	31.48

Sumber : Hasil Perhitungan

4.6.3 Intensitas Hujan Periode Ulang 10 tahun

Intensitas hujan periode ulang 10 tahun ini dihitung menggunakan rumus Mononobe dengan menggunakan curah hujan harian rata-rata maksimum periode ulang 10 tahun metode Log Pearson Type III. Intensitas hujan periode ulang 10 tahun dipergunakan untuk perhitungan di saluran primer.

Contoh perhitungan intensitas hujan periode ulang 10 tahun di saluran primer Pegirian.

$$I = \frac{130,61}{24} \left(\frac{24}{3.93} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I = 18.17 \text{ mm/jam}$$

Tabel 4. 24 Intensitas Hujan Periode Ulang 10 Tahun Saluran Primer Pegirian

No	Nama Saluran	Tc jam	I mm/jam
1	Primer Pegirian	3.93	18.17

Sumber : Hasil Perhitungan

4.7 Hitungan Koefisien Pengaliran Rata-Rata

Koefisien pengaliran adalah salah satu nilai parameter yang dibutuhkan dalam memperkirakan besarnya aliran pada suatu DAS yang mempunyai variasi nilai cukup besar dikarenakan adanya perbedaan dari fungsi penggunaan lahan dalam area DAS tersebut.

Cara menentukan koefisien pengaliran dengan meninjau langsung lokasi lahan serta menggunakan bantuan peta tata guna lahan yang diterbitkan daerah setempat. Penentuan koefisien didasarkan pada penggunaan masing-masing lahannya yang dapat dilihat pada tabel 4.25

Tabel 4. 25 Tabel Koefisien Pengaliran pada Setiap Jenis Lahan

No	Jenis lahan	Koef. Pengaliran
1	Perdagangan dan Jasa	0.5
2	Perkantoran	0.6
3	Fasilitas umum	0.25
4	Pemukiman	0.4

Nilai koefisien pengaliran dapat dilihat pada tabel 3.10

Nilai koefisien pengaliran pada lahan di tiap tiap saluran dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. 26 Tabel Koefisien Pengaliran Lahan di Saluran Tersier

No	Nama Saluran	Luas km ²	Koef Pengaliran
1	Karang Tembok I	0.04	0.4
2	Jalan Sawah	0.05	0.4
3	Sidorame Baru	0.03	0.4
4	Kebon Dalem 2	0.06	0.4
5	Kebon Dalem 1	0.05	0.4
6	Srengganen	0.05	0.4

Tabel 4. 26 Tabel Koefisien Pengaliran Lahan di Saluran Tersier
(Lanjutan)

No	Nama Saluran	Luas km ²	Koef Pengaliran
7	Sidodadi Kulon 1	0.03	0.4
8	Kapasan Dalam	0.06	0.4
9	Gembong Sawah Barat	0.02	0.4
10	Gembong Sawah	0.02	0.4
11	Gembong Sekolah	0.03	0.4
12	Donokerto 3	0.02	0.4
13	Donokerto 6	0.03	0.4
14	Donorejo 1	0.05	0.4
15	Simokerto 3A	0.03	0.4
16	Simokerto 3	0.07	0.4
17	Simokerto Asri	0.05	0.4
18	Sidodadi 1 Timur	0.05	0.4
19	Sidodadi 1 Barat	0.07	0.4
20	Sidodadi 3	0.12	0.4
21	Simolawang Baru	0.21	0.4
22	Sido Kapasan	0.15	0.4
23	Simolawang 1	0.19	0.4
24	Simolawang 2	0.10	0.4
25	Sencaki 1	0.15	0.4
26	Pragoto	0.23	0.4
27	Sidotopo 2	0.17	0.4
28	Irawati	0.07	0.4
29	Sencaki 2	0.09	0.4
30	Dipo Sidotopo	0.17	0.47
31	Sidotopo Jaya 15	0.13	0.4
32	Makam Pegirian	0.11	0.4
33	Sedap Malam	0.09	0.4

Tabel 4. 26 Tabel Koefisien Pengaliran Lahan di Saluran Tersier (Lanjutan)

No	Nama Saluran	Luas km ²	Koef Pengaliran
34	Ambengan Batu	0.10	0.4
35	Pudak	0.06	0.4
36	Jaksa Agung Suprpto I	0.06	0.4
37	Kusuma Bangsa	0.13	0.4
38	Ngaglik	0.11	0.4
39	Kalisari	0.11	0.4
40	Telasih	0.11	0.4
41	Kalianyar	0.11	0.4
42	Kalianyar Wetan	0.05	0.4
43	Pengampon	0.04	0.5
44	Kalianyar Pasar	0.12	0.4
45	Kapasari	0.12	0.4
46	Kapasari 1	0.07	0.4
47	Stasiun Kota	0.12	0.25
48	Jalan Samudra	0.06	0.5
49	Kembang Jepun	0.12	0.5
50	Pasar Dukuh	0.07	0.5
51	Ketapang	0.02	0.5
52	Nyamplungan	0.08	0.5
53	Petukangan Tengah I	0.07	0.5
54	Nyamplungan Balokan	0.07	0.5
55	Danakarya Lor	0.09	0.5
56	Banteng Miring I	0.10	0.5
57	Komp Hangtuah	0.08	0.5
58	Sawah Pulo Kulon	0.08	0.5

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4. 27 Tabel Koefisien Pengaliran Lahan di Saluran Sekunder

No	Nama Saluran	Luas km ²	Koef Pengaliran
1	Simolawang	1.00	0.40
2	Simokerto	1.74	0.41
3	Sidodadi-Simolawang	1.13	0.40
4	Gembong 3	0.34	0.40
5	Gembong	0.37	0.40
6	Kalisari II	0.51	0.40
7	Kemuning	0.57	0.40
8	Sawah Pulo	0.18	0.50

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4. 28 Tabel Koefisien Pengaliran Gabungan Lahan di Saluran Primer

No	Jenis lahan	Luas (km ²)	Koef. Pengaliran
1	Perdagangan dan Jasa	0.88	0.5
2	Pemukiman	4.78	0.4
3	Fasilitas Umum	0.12	0.25
4	Perkantoran	0.06	0.6

Dengan luas lahan total (A) = 5.84 km²

$$C_{gabungan} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i C_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

$$C_{gabungan} = \frac{(0.88 \times 0.5) + (4.78 \times 0.4) + (0.12 \times 0.25) + (0.06 \times 0.6)}{5.84}$$

$$C_{gabungan} = 0.41$$

4.8 Hitungan Debit (Q) Rencana

4.8.1 Hitungan Debit Rencana dengan Metode Rasional pada Saluran Primer, Sekunder, dan Tersier

Berikut ini adalah contoh perhitungan debit rencana saluran tersier Karang Tembok I :

$$Q = \frac{1}{3,6} \times C \times I \times A$$

$$Q = \frac{1}{3,6} \times 0,4 \times 47,28 \text{ mm/jam} \times 0,04 \text{ km}^2$$

$$Q = 0,22 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dimana :

Q = Debit rencana (m^3/s)

C = Koefisien pengaliran

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas das/ catchment area (km^2)

Tabel 4. 29 Debit Rencana 2 Tahun untuk Saluran Tersier

No	Nama Saluran	$I_{2\text{tahun}}$ mm/jam	A km^2	C	Debit Q2 m^3/s
1	Karang Tembok I	47.28	0.04	0.4	0.22
2	Jalan Sawah	45.67	0.05	0.4	0.23
3	Sidorame Baru	43.36	0.03	0.4	0.14
4	Kebon Dalem 2	28.80	0.06	0.4	0.18
5	Kebon Dalem 1	33.75	0.05	0.4	0.20
6	Srenggan	41.67	0.05	0.4	0.24
7	Sidodadi Kulon 1	59.22	0.03	0.4	0.17
8	Kapasan Dalam	44.66	0.06	0.4	0.29
9	Gembong Sawah Barat	39.11	0.02	0.4	0.10
10	Gembong Sawah	32.38	0.02	0.4	0.07
11	Gembong Sekolah	39.45	0.03	0.4	0.13
12	Donokerto 3	77.18	0.02	0.4	0.14

Tabel 4. 29 Debit Rencana 2 Tahun untuk Saluran Tersier
(Lanjutan)

No	Nama Saluran	$I_{2\text{tahun}}$ mm/jam	A km ²	C	Debit Q_2 m ³ /s
13	Donokerto 6	50.04	0.03	0.4	0.16
14	Donorejo 1	53.28	0.05	0.4	0.28
15	Simokerto 3A	57.06	0.03	0.4	0.20
16	Simokerto 3	50.97	0.07	0.4	0.38
17	Simokerto Asri	84.16	0.05	0.4	0.49
18	Sidodadi 1 Timur	63.91	0.05	0.4	0.37
19	Sidodadi 1 Barat	73.20	0.07	0.4	0.53
20	Sidodadi 3	52.04	0.12	0.4	0.72
21	Simolawang Baru	34.27	0.21	0.4	0.79
22	Sido Kapasan	47.09	0.15	0.4	0.78
23	Simolawang 1	49.94	0.19	0.4	1.07
24	Simolawang 2	53.15	0.10	0.4	0.59
25	Sencaki 1	54.00	0.15	0.4	0.90
26	Pragoto	31.90	0.23	0.4	0.83
27	Sidotopo 2	62.47	0.17	0.4	1.15
28	Irawati	37.80	0.07	0.4	0.29
29	Sencaki 2	45.78	0.09	0.4	0.44
30	Dipo Sidotopo	35.39	0.17	0.47	0.78
31	Sidotopo Jaya 15	46.07	0.13	0.4	0.65
32	Makam Pegirian	31.44	0.11	0.4	0.39
33	Sedap Malam	28.03	0.09	0.4	0.28
34	Ambengan Batu	40.21	0.10	0.4	0.46

⁹² Tabel 4. 29 Debit Rencana 2 Tahun untuk Saluran Tersier
(Lanjutan)

No	Nama Saluran	I _{2tahun} mm/jam	C km ²	Debit Q2 m3/s	
35	Pudak	37.27	0.06	0.4	0.25
36	Jaksa Agung Suprpto I	35.61	0.06	0.4	0.25
37	Kusuma Bangsa	26.55	0.13	0.4	0.39
38	Ngaglik	18.78	0.11	0.4	0.22
39	Kalisari	42.98	0.11	0.4	0.55
40	Telasih	38.23	0.11	0.4	0.45
41	Kalianyar	24.62	0.11	0.4	0.31
42	Kalianyar Wetan	39.40	0.05	0.4	0.20
43	Pengampon	37.16	0.04	0.5	0.23
44	Kalianyar Pasar	33.25	0.12	0.4	0.46
45	Kapasari	29.19	0.12	0.4	0.38
46	Kapasari 1	33.65	0.07	0.4	0.25
47	Stasiun Kota	34.86	0.12	0.3	0.29
48	Jalan Samudra	27.93	0.06	0.5	0.21
49	Kembang Jepun	43.55	0.12	0.5	0.71
50	Pasar Dukuh	54.03	0.07	0.5	0.55
51	Ketapang	67.99	0.02	0.5	0.21
52	Nyamplungan	69.45	0.08	0.5	0.77
53	Petukangan Tengah I	46.78	0.07	0.5	0.44
54	Nyamplungan Balokan	56.23	0.07	0.5	0.52
55	Danakarya Lor	32.40	0.09	0.5	0.42
56	Banteng Miring I	28.49	0.10	0.5	0.41

Tabel 4. 29 Debit Rencana 2 Tahun untuk Saluran Tersier
(Lanjutan)

No	Nama Saluran	$I_{2\text{tahun}}$ mm/jam	A km ²	C	Debit Q2 m ³ /s
57	Komp Hangtuah	27.07	0.08	0.5	0.31
58	Sawah Pulo Kulon	59.48	0.08	0.5	0.65

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4. 30 Debit Rencana 5 Tahun Untuk Saluran Sekunder

No	Nama Saluran	$I_{5\text{tahun}}$ mm/jam	A km ²	C	Debit Q5 m ³ /s
1	Simolawang	43.72	1.00	0.40	4.86
2	Simokerto	28.81	1.74	0.41	5.71
3	Sidodadi-Simolawang	34.26	1.13	0.40	4.32
4	Gembong 3	38.02	0.34	0.40	1.42
5	Gembong	31.17	0.37	0.40	1.28
6	Kalisari II	20.83	0.51	0.40	1.17
7	Kemuning	29.71	0.57	0.40	1.89
8	Sawah Pulo	31.48	0.18	0.50	0.78

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4. 31 Debit Rencana 10 Tahun Untuk Saluran Primer

No	Nama Saluran	$I_{10\text{tahun}}$ mm/jam	A km ²	C	Debit Q10 m ³ /s
1	Primer Pegirian	18.17	5.84	0.41	12.20

Sumber : Hasil Perhitungan

4.9 Analisa Hidrolika

Analisa hidrolika diperlukan untuk merencanakan dimensi saluran drainase yang dapat menampung limpasan baik dari tinjauan hidrolis maupun dari elevasi lapangan.

Tinjauan hidrolisis dimaksudkan untuk melakukan evaluasi kapasitas tampungan saluran dengan debit banjir periode tertentu. Evaluasi lapangan adalah pengamatan langsung di lapangan yang bertujuan untuk melihat kondisi saluran secara langsung.

4.9.1 Perhitungan *Full Bank Capacity*

Full Bank Capacity Existing adalah besarnya debit tampungan pada saluran sesuai dengan keadaan di lapangan. Perhitungan ini digunakan untuk mengetahui seberapa besarnya kemampuan penampang saluran untuk menampung limpasan air hujan.

Rumus kecepatan rata-rata yang digunakan pada perhitungan dimensi penampang saluran menggunakan rumus manning, karena rumus ini mempunyai bentuk yang sederhana.

Contoh untuk perhitungan *full bank capacity existing* saluran tersier Jalan Sawah Dalam dengan data sebagai berikut :

$$\begin{aligned} b &= 0.80 \text{ m} \\ h &= 0.80 \text{ m} \\ z &= 0 \text{ m} \\ n &= 0.014 \\ I &= 0.00017 \end{aligned}$$

Penyelesaian :

- $A = b \cdot h$
 $A = 0.80\text{m} \times 0.80\text{m} = 0.640 \text{ m}^2$
- $P = b + 2h$
 $P = 0.80 \text{ m} + 2 \cdot 0.80\text{m} = 2.400 \text{ m}$

- $R = \frac{A}{P}$
 $R = \frac{0.640 \text{ m}^2}{2.400 \text{ m}} = 0.27 \text{ m}$
- $V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$
 $V = \frac{1}{0.014} \cdot 0.27^{2/3} \cdot 0,00017^{1/2} = 0.39 \text{ m/s}$
- $Q = A \cdot V$
 $Q = 0.640 \cdot 0.386 = 0.25 \text{ m}^3/\text{detik}$

Selanjutnya untuk lebih detail dalam menghitung kapasitas saluran eksisting primer dan sekunder dapat dilihat pada tabel . Untuk kapasitas saluran eksisting tersier dapat dilihat pada tabel.4.32 dan tabel 4.33. Gambar penampang dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4. 32 Hasil Perhitungan Kapasitas Eksisting Saluran Tersier

No	Nama Saluran	Bentuk	L (m)	ΔH (m)	I (m)	b (m)	h (m)	Penampang A (m ²)	P (m)	R (m)	V (m/s)	Debit Fullbank m ³ /s
1	Karang Tembok I	Segi Empat	235	0.040	0.00017	0.80	0.80	0.64	2.40	0.27	0.39	0.25
2	Jalan Sawah	Segi Empat	226	0.040	0.00018	0.80	0.80	0.64	2.40	0.27	0.39	0.25
3	Sidorame Baru	Segi Empat	415	0.050	0.00012	0.90	0.80	0.72	2.50	0.29	0.34	0.25
4	Kebon Dalem 2	Segi Empat	226	0.020	0.00009	1.00	1.00	1.00	3.00	0.33	0.32	0.32
5	Kebon Dalem 1	Segi Empat	458	0.080	0.00017	1.00	1.00	1.00	3.00	0.33	0.45	0.45
6	Srenggahan	Segi Empat	420	0.080	0.00019	1.00	1.00	1.00	3.00	0.33	0.47	0.47
7	Sidodadi Kulon 1	Segi Empat	267	0.080	0.00030	0.80	0.80	0.64	2.40	0.27	0.51	0.33
8	Kapasas Dalam	Segi Empat	362	0.080	0.00022	1.00	1.00	1.00	3.00	0.33	0.51	0.51
9	Gembong Sawah Barat	Segi Empat	426	0.060	0.00014	0.90	0.90	0.81	2.70	0.30	0.38	0.31
10	Gembong Sawah	Segi Empat	396	0.060	0.00015	0.90	0.90	0.81	2.70	0.30	0.39	0.32
11	Gembong Sekolah	Segi Empat	505	0.100	0.00020	0.90	0.90	0.81	2.70	0.30	0.45	0.36
12	Donokerto 3	Segi Empat	120	0.040	0.00092	0.70	0.40	0.28	1.50	0.19	0.71	0.20
13	Donokerto 6	Segi Empat	318	0.050	0.00092	0.70	0.40	0.28	1.50	0.19	0.71	0.20
14	Donorejo 1	Segi Empat	210	0.050	0.00092	0.90	0.40	0.36	1.70	0.21	0.77	0.28
15	Simokerto 3A	Segi Empat	350	0.100	0.00092	0.90	0.40	0.36	1.70	0.21	0.77	0.28
16	Simokerto 3	Segi Empat	216	0.080	0.00092	0.90	0.40	0.36	1.70	0.21	0.77	0.28
17	Simokerto Asri	Segi Empat	195	0.080	0.00092	0.80	0.40	0.32	1.60	0.20	0.74	0.24
18	Sidodadi 1 Timur	Segi Empat	279	0.100	0.00036	0.50	0.60	0.30	1.70	0.18	0.43	0.13
19	Sidodadi 1 Barat	Segi Empat	221	0.100	0.00045	0.50	0.60	0.30	1.70	0.18	0.48	0.14
20	Sidodadi 3	Segi Empat	167	0.060	0.00036	0.30	0.60	0.18	1.50	0.12	0.33	0.06
21	Simolawang Baru	Segi Empat	755	0.300	0.00040	0.40	0.50	0.20	1.40	0.14	0.39	0.08
22	Sido Kapasan	Segi Empat	405	0.170	0.00042	0.50	0.30	0.15	1.10	0.14	0.39	0.06
23	Simolawang 1	Segi Empat	231	0.100	0.00043	0.60	0.60	0.36	1.80	0.20	0.51	0.18
24	Simolawang 2	Segi Empat	220	0.100	0.00045	0.40	0.50	0.20	1.40	0.14	0.42	0.08
25	Seneaki 1	Segi Empat	451	0.290	0.00064	0.40	0.50	0.20	1.40	0.14	0.50	0.10
26	Pragoto	Segi Empat	432	0.190	0.00044	0.40	0.50	0.20	1.40	0.14	0.41	0.08
27	Sidotoopo 2	Segi Empat	107	0.040	0.00037	0.30	0.40	0.12	1.10	0.11	0.31	0.04
28	Iravati	Segi Empat	340	0.090	0.00026	0.40	0.50	0.20	1.40	0.14	0.32	0.06
29	Seneaki 2	Segi Empat	367	0.130	0.00035	0.40	0.50	0.20	1.40	0.14	0.37	0.07
30	Dipo Sidotoopo	Segi Empat	769	0.170	0.00022	1.50	0.50	0.75	2.50	0.30	0.48	0.36
31	Sidotoopo Jaya 15	Segi Empat	132	0.020	0.00015	0.40	0.40	0.16	1.20	0.13	0.23	0.04
32	Makam Pegirian	Segi Empat	144	0.020	0.00014	0.30	0.50	0.15	1.30	0.12	0.20	0.03
33	Sedap Malam	Segi Empat	502	0.02	0.0001	1.00	1.00	1.00	3.00	0.33	0.30	0.30
34	Ambengan Batu	Segi Empat	561	0.04	0.0001	1.20	1.20	1.44	3.60	0.40	0.33	0.47
35	Pudak	Segi Empat	296	0.03	0.0001	1.00	1.00	1.00	3.00	0.33	0.35	0.35
36	Jaksa Agung Suprpto I	Segi Empat	268	0.03	0.0001	1.00	1.00	1.00	3.00	0.33	0.36	0.36
37	Kusuma Bangsa	Segi Empat	363	0.03	0.0001	1.10	1.10	1.21	3.30	0.37	0.33	0.40
38	Nagalik	Segi Empat	579	0.05	0.0001	1.00	1.00	1.00	3.00	0.33	0.32	0.32
39	Kalisari	Segi Empat	313	0.02	0.0002	1.10	1.10	1.21	3.30	0.37	0.46	0.56
40	Telaiah	Segi Empat	213	0.02	0.0002	1.00	1.00	1.00	3.00	0.33	0.53	0.53

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4. 32Hasil Perhitungan Kapasitas Eksisting Saluran Tersier (Lanjutan)

No	Nama Saluran	Bentuk Penampang	L (m)	ΔH (m)	I (m)	b (m)	h (m)	ruang A (m ²)	P (m)	R (m)	V (m/s)	Debit Fullbank m ³ /s
41	Kallanyar	Segi Empat	395	0.02	0.0001	1.1	1.1	1.21	3.300	0.37	0.26	0.32
42	Kallanyar Wetan	Segi Empat	186	0.02	0.0001	0.9	0.9	0.81	2.700	0.30	0.33	0.27
43	Pengampon	Segi Empat	184	0.02	0.0001	1.1	1.1	1.21	3.300	0.37	0.38	0.46
44	Kallanyar Pasar	Segi Empat	339	0.04	0.0001	1.1	1.1	1.21	3.300	0.37	0.40	0.48
45	Kapasari	Segi Empat	479	0.04	0.0001	1.1	1.1	1.21	3.300	0.37	0.33	0.40
46	Kapasari I	Segi Empat	532	0.04	0.0002	0.9	0.9	0.81	2.700	0.30	0.39	0.32
47	Stasiun Kota	Segi Empat	452	0.09	0.0002	0.9	0.8	0.72	2.500	0.29	0.44	0.32
48	Jalan Samudra	Segi Empat	697	0.07	0.0001	0.9	0.8	0.72	2.500	0.29	0.31	0.22
49	Kembang Jepun	Segi Empat	501	0.07	0.0009	1	1	1	3.000	0.33	1.05	1.05
50	Pasar Dukuh	Segi Empat	238	0.08	0.0003	1	1	1	3.000	0.33	0.63	0.63
51	Ketapang	Segi Empat	205	0.08	0.0004	0.9	0.8	0.72	2.500	0.29	0.62	0.44
52	Nyemplangan	Segi Empat	381	0.08	0.0002	1.2	1.2	1.44	3.600	0.40	0.56	0.81
53	Petukanan Tengah I	Segi Empat	235	0.09	0.0004	1	1	1	3.000	0.33	0.67	0.67
57	Komp Hangquah	Segi Empat	805	0.07	0.0001	1	1	1	3.000	0.33	0.32	0.32
58	Sawah Pulo Kulon	Segi Empat	156	0.09	0.0006	1	1	1	3.000	0.33	0.82	0.82

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.33 Hasil Perhitungan Kapasitas Eksisiting Saluran Sekunder dan Primer

No	Nama Saluran	Bentuk Penampang	L (m)	ΔH (m)	I (m)	b (m)	a (m)	h (m)	Penampang		A (m ²)	P (m)	R (m)	V (m/s)	Debit Fullbank m ³ /s
									z	m					
1	Primer Pegirian	Trapesium	4188	0.53	0.0008	7	9	1.5	1	0.7	12.00	10.61	1.13	1.98	23.81
2	Simolawang	Trapesium	870	0.39	0.0009	2	4	0.70	0.75	1.90	2.33	5.01	0.47	1.30	3.04
3	Simokerto	Trapesium	1726	0.8	0.0005	3	5	0.65	0.75	2.05	2.82	5.97	0.47	0.93	2.63
4	Sidodadi-Simolawang	Trapesium	1516	0.55	0.0004	3	5	0.60	0.50	3.33	3.00	7.18	0.42	0.76	2.28
5	Gembong 3	Trapesium	477	0.06	0.0001	3	5	1.00	0.50	2.00	5.00	7.47	0.67	0.61	3.06
6	Gembong	Trapesium	600	0.06	0.0001	2	4.00	1.31	0.50	1.53	5.24	6.78	0.77	0.74	3.86
7	Kalisari II	Trapesium	624	0.05	0.0001	2.2	3.00	1.30	0.50	0.80	4.21	5.53	0.76	0.72	3.01
8	Kemuning	Trapesium	564	0.04	0.0002	1.3	2.00	1.36	0.50	1.00	3.62	5.15	0.70	0.71	2.58
9	Sawah Pulo	Segi Empat	469	0.08	0.0002	3	-	1.55	-	-	4.65	6.10	0.76	0.83	3.84

Sumber : Hasil Perhitungan

Dimana :

- Qs = Debit saluran (m³/detik)
- V = Kecepatan aliran (m/det)
- A = Luas basah saluran (m²)
- P = Keliling basah saluran (m)
- R = Jari-jari hidrolis (m)
- n = Koefisien kekasaran manning (lihat tabel 3.11)
- I = Kemiringan dasar saluran
- b = Lebar dasar saluran (m)
- h = Tinggi saluran (m)
- z = Tinggi jagaan (m)
- m = Kemiringan dinding saluran
- a = Lebar atas saluran (m)

4.9.2 Perbandingan Kapasitas Saluran Eksisting dengan Debit Rencana

Perbandingan kapasitas saluran eksisting dengan debit rencana adalah cara membandingkan kapasitas saluran dengan debit rencana. Apabila kapasitas saluran lebih besar daripada debit rencana, maka saluran tersebut dikatakan aman. Tetapi, apabila debit rencana lebih besar daripada kapasitas saluran maka saluran tersebut banjir.

Untuk lebih detail dalam menganalisa perbandingan kapasitas saluran eksisting dengan debit rencana dapat dilihat pada Tabel 4.34, Tabel 4.35, Tabel 4.36 dan Tabel 4.37

Tabel 4. 34 Perbandingan Debit Rencana Periode Ulang 2 Tahun Saluran Tersier

No	Nama Saluran	Bentuk Penampang	Debit		Selisih	Keterangan
			Q2 m ³ /s	Fullbank m ³ /s		
1	Karang Tembok I	Segi Empat	0.22	0.25	0.02	AMAN
2	Jalan Sawah	Segi Empat	0.23	0.25	0.02	AMAN
3	Sidorame Baru	Segi Empat	0.14	0.25	0.11	AMAN
4	Kebon Dalem 2	Segi Empat	0.18	0.32	0.15	AMAN
5	Kebon Dalem 1	Segi Empat	0.20	0.45	0.25	AMAN
6	Srengganan	Segi Empat	0.24	0.47	0.23	AMAN
7	Sidodadi Kulon 1	Segi Empat	0.17	0.33	0.16	AMAN
8	Kapasan Dalam	Segi Empat	0.29	0.51	0.22	AMAN
9	Gembong Sawah Barat	Segi Empat	0.10	0.31	0.20	AMAN
10	Gembong Sawah	Segi Empat	0.07	0.32	0.25	AMAN
11	Gembong Sekolah	Segi Empat	0.13	0.36	0.23	AMAN
12	Donokerto 3	Segi Empat	0.14	0.20	0.06	AMAN
13	Donokerto 6	Segi Empat	0.16	0.20	0.04	AMAN
14	Donorejo 1	Segi Empat	0.28	0.28	-0.01	BANJIR
15	Simokerto 3A	Segi Empat	0.20	0.28	0.08	AMAN
16	Simokerto 3	Segi Empat	0.38	0.28	-0.10	BANJIR
17	Simokerto Asri	Segi Empat	0.49	0.24	-0.25	BANJIR
18	Sidodadi 1 Timur	Segi Empat	0.37	0.13	-0.24	BANJIR
19	Sidodadi 1 Barat	Segi Empat	0.53	0.14	-0.39	BANJIR
20	Sidodadi 3	Segi Empat	0.72	0.06	-0.66	BANJIR
21	Simolawang Baru	Segi Empat	0.79	0.08	-0.71	BANJIR
22	Sido Kapasan	Segi Empat	0.78	0.06	-0.72	BANJIR
23	Simolawang 1	Segi Empat	1.07	0.18	-0.89	BANJIR
24	Simolawang 2	Segi Empat	0.59	0.08	-0.50	BANJIR
25	Sencaki 1	Segi Empat	0.90	0.10	-0.80	BANJIR
26	Pragoto	Segi Empat	0.83	0.08	-0.75	BANJIR
27	Sidotopo 2	Segi Empat	1.15	0.04	-1.11	BANJIR
28	Irawati	Segi Empat	0.29	0.06	-0.23	BANJIR
29	Sencaki 2	Segi Empat	0.44	0.07	-0.37	BANJIR
30	Dipo Sidotopo	Segi Empat	0.78	0.36	-0.42	BANJIR

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.34 Perbandingan Debit Rencana Periode Ulang 2 Tahun
Saluran Tersier (Lanjutan)

No	Nama Saluran	Bentuk Penampang	Debit		Selisih	Keterangan
			Q2 m ³ /s	Fullbank m ³ /s		
31	Sidotopo Jaya 15	Segi Empat	0.65	0.04	-0.62	BANJIR
32	Makam Pegirian	Segi Empat	0.39	0.03	-0.36	BANJIR
33	Sedap Malam	Segi Empat	0.28	0.30	0.02	AMAN
34	Ambengan Batu	Segi Empat	0.46	0.47	0.01	AMAN
35	Pudak	Segi Empat	0.25	0.35	0.09	AMAN
36	Jaksa Agung Suprpto I	Segi Empat	0.25	0.36	0.11	AMAN
37	Kusuma Bangsa	Segi Empat	0.39	0.40	0.02	AMAN
38	Ngaglik	Segi Empat	0.22	0.32	0.10	AMAN
39	Kalisari	Segi Empat	0.55	0.56	0.01	AMAN
40	Telasih	Segi Empat	0.45	0.53	0.07	AMAN
41	Kalianyar	Segi Empat	0.31	0.32	0.01	AMAN
42	Kalianyar Wetan	Segi Empat	0.20	0.27	0.07	AMAN
43	Pengampon	Segi Empat	0.23	0.46	0.23	AMAN
44	Kalianyar Pasar	Segi Empat	0.46	0.48	0.02	AMAN
45	Kapasari	Segi Empat	0.38	0.40	0.02	AMAN
46	Kapasari 1	Segi Empat	0.25	0.32	0.07	AMAN
47	Stasiun Kota	Segi Empat	0.29	0.32	0.03	AMAN
48	Jalan Samudra	Segi Empat	0.21	0.22	0.01	AMAN
49	Kembang Jepun	Segi Empat	0.71	1.05	0.35	AMAN
50	Pasar Dukuh	Segi Empat	0.55	0.63	0.08	AMAN
51	Ketapang	Segi Empat	0.21	0.44	0.23	AMAN
52	Nyemplungan	Segi Empat	0.77	0.81	0.04	AMAN
53	Petukangan Tengah I	Segi Empat	0.44	0.67	0.23	AMAN
54	Nyemplungan Balokan	Segi Empat	0.52	0.67	0.15	AMAN
55	Danakarya Lor	Segi Empat	0.42	0.44	0.02	AMAN
56	Banteng Miring I	Segi Empat	0.41	0.48	0.07	AMAN
57	Komp Hangtuh	Segi Empat	0.31	0.32	0.02	AMAN
58	Sawah Pulo Kulon	Segi Empat	0.65	0.82	0.18	AMAN

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4. 35 Perbandingan Debit Rencana Periode Ulang 5 Tahun Saluran Sekunder

No	Nama Saluran	Bentuk Penampang	Debit		Selisih	Keterangan
			Q5 m ³ /s	Fullbank m ³ /s		
1	Simolawang	Trapesium	4.86	3.04	-1.82	BANJIR
2	Simokerto	Trapesium	5.71	2.63	-3.08	BANJIR
3	Sidodadi-Simolawang	Trapesium	4.32	2.28	-2.04	BANJIR
4	Gembong 3	Trapesium	1.42	3.06	1.65	AMAN
5	Gembong	Trapesium	1.28	3.86	2.58	AMAN
6	Kalisari II	Trapesium	1.17	3.01	1.84	AMAN
7	Kemuning	Trapesium	1.89	2.58	0.69	AMAN
8	Sawah Pulo	Segi Empat	0.78	3.84	3.06	AMAN

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4. 36 Perbandingan Debit Rencana Periode Ulang 10 Tahun Saluran Primer

No	Nama Saluran	Bentuk Penampang	Debit		Selisih	Keterangan
			Q10 m ³ /s	Fullbank m ³ /s		
1	Primer Pegirian	Trapesium	12.20	23.81	11.62	AMAN

Sumber : Hasil Perhitungan

4.9.3 Pengaruh Aliran Balik (*Back Water*)

Untuk menghitung dan menentukan panjang pengaruh back water pada penampang teratur, diperlukan cara/metode Tahapan Langsung atau *Direct Step Methode*.

Contoh untuk perhitungan metode tahapan langsung adalah sebagai berikut :

1. Tahap 1

$$- y = 1 \text{ m}$$

$$- A = (b + m.y)y$$

$$= (7 + 0,7 \times 1) \times 1 = 7.67 \text{ m}^2$$

$$- P = b + 2y\sqrt{m^2 + 1}$$

$$= 7 + 2 \times 1 \sqrt{0.7^2 + 1} = 9.40 \text{ m}$$

$$- R = \frac{A}{P} = \frac{7.67}{9.40} = 0.82 \text{ m}$$

$$- R^{\frac{4}{3}} = 0.82^{\frac{4}{3}} = 0.76$$

$$- V = \frac{Q}{A} = \frac{2.626}{7.67} = 0.34 \text{ m/dtk}$$

$$- \propto \frac{V^2}{2g} = 1 \times \frac{0.34^2}{2.9,8} = 0.006 \rightarrow E = 1 + 0.006 = 1.01 \text{ m}$$

$$- If = \frac{n^2 V^2}{R^{\frac{4}{3}}} = \frac{0.014^2 0.34^2}{0.76} = 0.00003$$

2. Tahap 2

$$- y = 0.95 \text{ m}$$

$$- A = (b + m.y)y$$

$$= (7 + 0.7 \times 0.95) \times 0.95 = 7.25 \text{ m}^2$$

$$- P = b + 2y\sqrt{m^2 + 1}$$

$$= 7 + 2 \times 0.95 \sqrt{0.7^2 + 1} = 9.28 \text{ m}$$

- $R = \frac{A}{P} = \frac{7.25}{9.28} = 0.78m$
- $R^{\frac{4}{3}} = 0.78^{\frac{4}{3}} = 0.82$
- $V = \frac{Q}{A} = \frac{2.626}{7.25} = 0.36 \text{ m/dtk}$
- $\propto \frac{V^2}{2g} = 1 \times \frac{0.36^2}{2 \cdot 9.8} = 0.007 \rightarrow E = 0.95 +$
 $0.007 = 0.96 \text{ m}$
- $If = \frac{n^2 V^2}{R^{\frac{4}{3}}} = \frac{0.014^2 0.36^2}{0.82} = 0.00004$

Selanjutnya untuk lebih detail dalam menghitung panjang pengaruh back water pada penampang teratur dengan cara/metode Tahapan Langsung atau *Direct Step Methode* dapat dilihat pada tabel 4.38, sedangkan untuk gambar panjang pengaruh back water pada penampang teratur dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4. 37Perhitungan Panjang Pengaruh Back Water pada Saluran Primer Pegirian dengan Cara/Metode Tahapan Langsung atau *Direct Step Methode*

y	A	P	R	R ^{4/3}	V	$\alpha V^2/2g$	E	ΔE	If	lfrat	lo-lfrat	Δx	x
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1.0	7.67	9.40	0.82	0.76	0.34	0.006	1.01	-	0.00003	-	-	-	-
0.950	7.25	9.28	0.78	0.72	0.36	0.007	0.96	0.049	0.00004	0.0000	0.00079	62.52	62.52
0.900	6.84	9.16	0.75	0.68	0.38	0.008	0.91	0.049	0.00004	0.0000	0.00078	62.86	125.38
0.850	6.43	9.04	0.71	0.63	0.41	0.009	0.86	0.049	0.00005	0.0000	0.00077	63.30	188.68
0.800	6.03	8.92	0.68	0.59	0.44	0.010	0.81	0.049	0.00006	0.0001	0.00076	63.88	252.56

Sumber : Hasil Perhitungan

4.10 Analisa Pompa Saluran Simolawang

Pada kawasan Simokerto terdapat satu buah rumah pompa yang memompa air dari saluran Simolawang menuju saluran Simokerto. Adapun kapasitas pompa yang digunakan adalah $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ sebanyak 2 buah pompa.

Dari hasil perhitungan sebelumnya didapat debit banjir di saluran Simolawang pada periode ulang 5 tahun adalah $4.86 \text{ m}^3/\text{s}$. Untuk menganalisa pompa di saluran Simolawang maka perlu dilakukan pembuatan hidrograf inflow di depan rumah pompa.

4.10.1 Pembuatan Hidrograf Banjir

Hidrograf banjir diperkirakan dengan menggunakan hidrograf segitiga, dimana Q_p dan t_c menggunakan harga-harga pada perhitungan sebelumnya. Berdasarkan hasil perhitungan debit sebelumnya didapat :

$$C = 0.40$$

$$t_c = 0.90 \text{ jam}$$

$$Q_5 = 4.86 \text{ m}^3/\text{s}$$

Panjang hidrograf dapat diperkirakan dengan mengambil waktu mencapai puncak $T_p = t_c$ dan waktu resesi sebesar $1.67 t_p$, sehingga panjang hidrograf $T_b = 2t_c$.

$$\begin{aligned} T_p &= t_c \\ &= 47.992 \text{ menit} \\ &= 0.90 \text{ jam} \end{aligned}$$

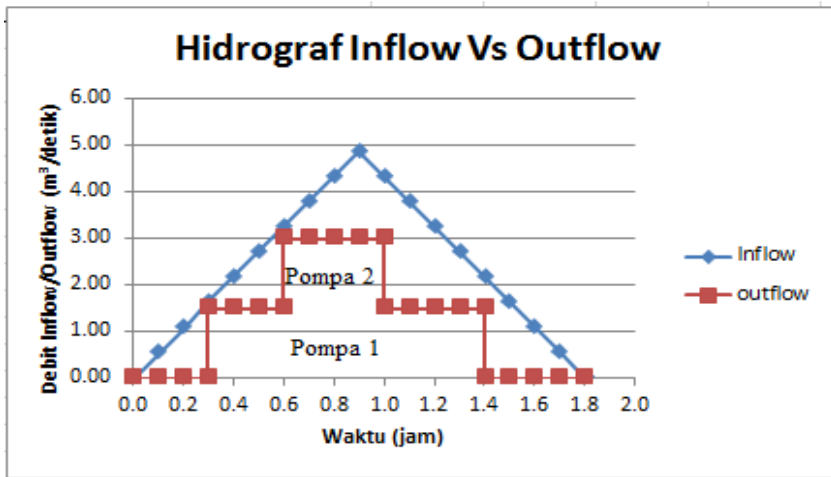
$$\begin{aligned} T_b &= 2 t_c \\ &= 2 \cdot 0.90 \\ &= 1.80 \text{ jam} \end{aligned}$$

Rumah pompa Simolawang mempunyai pompa dengan kapasitas $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ sebanyak dua buah pompa. Setelah diketahui hidrograf aliran air yang akan dipompa dan besarnya kapasitas pompa, maka selanjutnya dibuat hidrograf pompa.

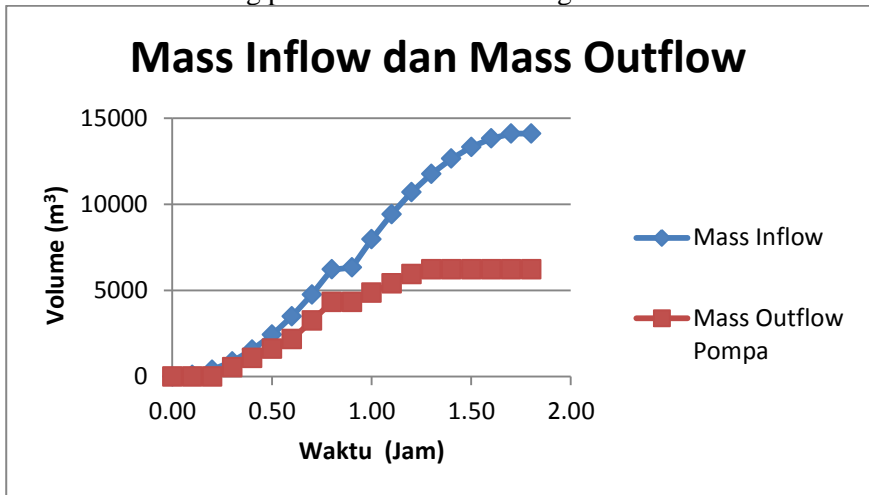
Tabel 4. 38 Mass Inflow dan Outflow Pompa Eksisting Simulawang pada Debit Periode Ulang 5 Tahun

Waktu (jam)	Waktu (menit)	Waktu (detik)	Δt (menit)	Δt (detik)	Debit Inflow	Debit Outflow	Mass Inflow	Mass Inflow	Mass Outflow	Mass Outflow Kumulatif	I-O (m ³)
0.00	0	0	0	0	0	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00
0.10	6	360	6.0	360	0.54	0.54	0	97.1	97.07	0.00	97.07
0.20	12	720	6.0	360	1.08	1.08	0	291.20	388.26	0.00	388.26
0.30	18	1080	6.0	360	1.62	1.62	1.5	485.33	873.59	540.00	333.59
0.40	24	1440	6.0	360	2.16	2.16	1.5	679.46	1553.05	540.00	473.05
0.50	30	1800	6.0	360	2.70	2.70	1.5	873.59	2426.65	540.00	806.65
0.60	36	2160	6.0	360	3.24	3.24	3	1067.72	3494.37	540.00	1334.37
0.70	42	2520	6.0	360	3.77	3.77	3	1261.86	4756.23	1080.00	1516.23
0.80	48	2880	6.0	360	4.31	4.31	3	1455.99	6212.22	1080.00	1892.22
0.90	54	3243	6.1	363	4.86	4.86	3	1567.95	6324.18	1089.74	1994.43
1.00	60	3600	5.9	357	4.32	4.32	3	1637.84	7962.01	535.13	3097.14
1.10	66	3960	6.0	360	3.78	3.78	1.5	1459.49	9421.51	540.00	4016.63
1.20	72	4320	6.0	360	3.25	3.25	1.5	1265.36	10686.87	540.00	4741.99
1.30	78	4680	6.0	360	2.71	2.71	1.5	1071.23	11758.09	270.00	5543.22
1.40	84	5040	6.0	360	2.17	2.17	0	877.10	12635.19	0.00	6420.32
1.50	90	5400	6.0	360	1.63	1.63	0	682.96	13318.15	0.00	7103.28
1.60	96	5760	6.0	360	1.09	1.09	0	488.83	13806.99	0.00	7592.11
1.70	102	6120	6.0	360	0.55	0.55	0	294.70	14101.69	0.00	7886.82
1.80	108	6486	6.1	366	0.00	0.00	0	0.0	14101.69	0.00	7886.82

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4. 1 Hidrograf Inflow VS Hidrograf Outflow Pompa Simolawang pada Debit Periode Ulang 5 Tahun



Gambar 4. 2 Mass Inflow VS Mass Outflow Pompa Simolawang pada Debit Periode Ulang 5 Tahun

4.10.2 Perhitungan Operasi Pompa

Jika 2 pompa beroperasi dengan debit masing-masing $1.5 \text{ m}^3/\text{detik}$ maka,

$$\text{Waktu pemompaan} = \frac{\text{Volume yang harus dipompa}}{\text{debit pompa}}$$

$$\text{Waktu pemompaan pada periode ulang 5 tahun} = \frac{7886.82}{3} = 2628.94 \text{ detik} = 0.73 \text{ jam}$$

Berdasarkan hasil observasi lapangan, rata-rata pompa dinyalakan minimum 2 pompa perhari. Pada perhitungan debit periode ulang 5 tahun (ketika hujan). menunjukkan bahwa dengan penggunaan pompa 2 buah saat hujan secara paralel, mampu mengalirkan debit limpasan menuju Saluran Simokerto selama 0.73 jam.

4.10.3 Perhitungan Volume Saluran Simolawang

Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui berapa besar kapasitas saluran Simolawang yang nantinya bisa di tentukan apakah volume maksimum yang terjadi pada saluran melebihi kapasitas atau tidak.

Tabel 4. 39 Perhitungan Volume Saluran Simolawang

No	Lebar Saluran	m	A	Panjang Saluran	Volume
1	2	1.90	9.77	100	977.14
2	2	1.90	9.77	100	977.14
3	2	1.90	8.90	100	890.48
4	2	1.90	8.08	100	807.62
5	2	1.90	8.90	100	890.48
6	2	1.90	7.29	100	728.57
7	2	1.90	8.08	100	807.62
8	2	1.90	8.08	100	807.62
9	2	1.90	8.08	70	565.33
Volume Total					7452

Sumber : Hasil Perhitungan

Setelah pompa pada Saluran Simolawang dioperasikan pada saat terjadi hidrograf aliran dengan dengan periode ulang 5 tahun, volume maksimum yang terjadi pada saluran adalah 7886.82 m^3 dan setelah dicek ternyata volume tersebut melebihi kapasitas saluran untuk itu perlu ada penambahan kapasitas pompa di saluran Simolawang menuju saluran Simokerto.

4.11 Penentuan Solusi

Setelah dilakukan perhitungan pada semua saluran sekunder dan tersier yang ada di kawasan Simokerto maka diambil solusi penambahan kapasitas pompa di saluran Simolawang, pemasangan pompa di saluran Simokerto serta di saluran Sidodadi-Simolawang dan penggantian saluran tersier dengan box culvert (atau dengan bahan beton).

4.11.1 Penambahan Kapasitas Pompa di Saluran Simolawang

4.11.1.1 Pembuatan Hidrograf Banjir

Hidrograf banjir diperkirakan dengan menggunakan hidrograf segitiga, dimana Q_p dan t_c menggunakan harga-harga pada perhitungan sebelumnya. Berdasarkan hasil perhitungan debit sebelumnya didapat :

$$C = 0.40$$

$$t_c = 0.90 \text{ jam}$$

$$Q_5 = 4.86 \text{ m}^3/\text{s}$$

Panjang hidrograf dapat diperkirakan dengan mengambil waktu mencapai puncak $T_p = t_c$ dan waktu resesi sebesar $1.67 t_p$, sehingga panjang hidrograf $T_b = 2t_c$.

$$\begin{aligned} T_p &= t_c \\ &= 47.992 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$= 0.90 \text{ jam}$$

$$T_b = 2 t_c$$

$$= 2 \cdot 0.90$$

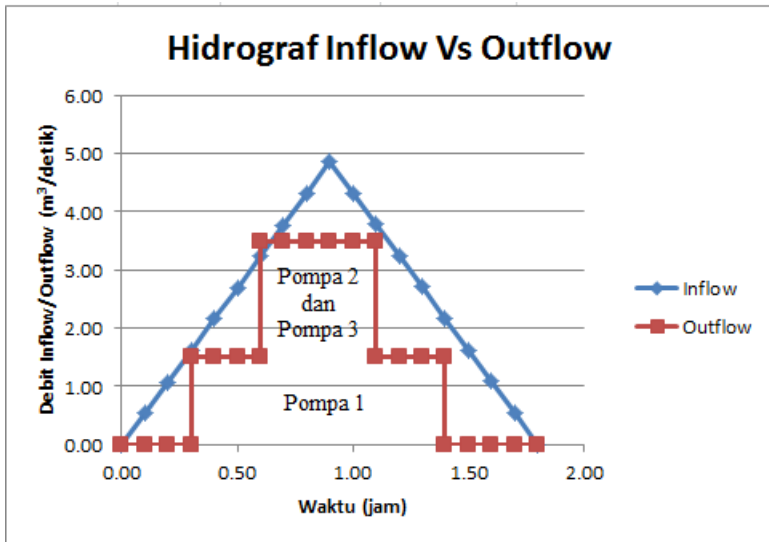
$$= 1.80 \text{ jam}$$

Rumah pompa Simolawang awalnya mempunyai pompa dengan kapasitas $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ sebanyak dua buah tetapi setelah dicek ternyata volume yang terjadi tersebut melebihi kapasitas saluran, maka dari itu perlu direncanakan penambahan jumlah pompa. Direncanakan ditambah satu pompa dengan kapasitas $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$, dengan demikian terdapat 3 buah pompa di saluran Simolawang

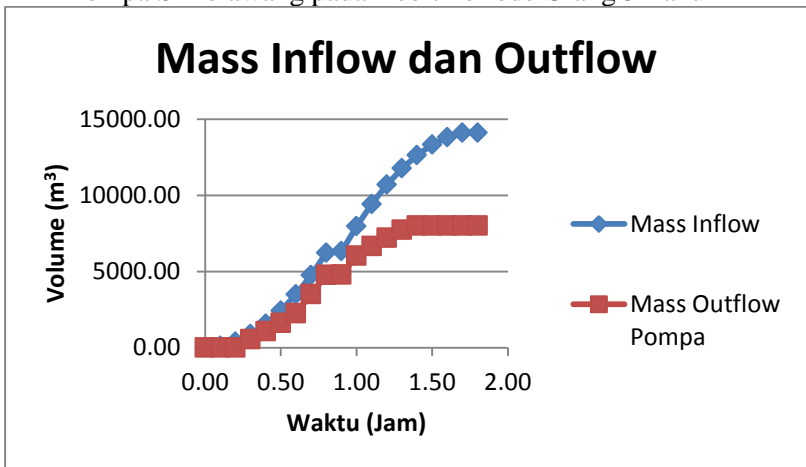
Tabel 4. 40 Mass Inflow dan Outflow Rencana Pompa Simolawang pada Debit Periode Ulang 5 Tahun

Waktu (jam)	Waktu (menit)	Waktu (detik)	Δt (menit)	Δt (detik)	Debit Inflow	Outflow	Mass Inflow	Mass Inflow Kumulatif	Mass Outflow	Mass Outflow Kumulatif	I-O (m ³)
0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00
0.10	6	360	6.0	360	0.54	0	97.07	97.07	0.00	0	97.07
0.20	12	720	6.0	360	1.08	0	291.20	388.26	0.00	0	388.26
0.30	18	1080	6.0	360	1.62	1.5	485.33	873.59	540.00	540	333.59
0.40	24	1440	6.0	360	2.16	1.5	679.46	1553.05	540.00	1080	473.05
0.50	30	1800	6.0	360	2.70	1.5	873.59	2426.65	540.00	1620	806.65
0.60	36	2160	6.0	360	3.24	3.5	1067.72	3494.37	630.00	2250	1244.37
0.70	42	2520	6.0	360	3.77	3.5	1261.86	4756.23	1260.00	3510	1246.23
0.80	48	2880	6.0	360	4.31	3.5	1455.99	6212.22	1260.00	4770	1442.22
0.90	54	3243	6.1	363	4.86	3.5	1567.95	6324.18	1271.37	4781	1542.81
1.00	60	3600	5.9	357	4.32	3.5	1637.84	7962.01	1248.63	6030	1932.01
1.10	66	3960	6.0	360	3.78	3.5	1459.49	9421.51	630.00	6660	2761.51
1.20	72	4320	6.0	360	3.25	1.5	1265.36	10686.87	540.00	7200	3486.87
1.30	78	4680	6.0	360	2.71	1.5	1071.23	11758.09	540.00	7740	4018.09
1.40	84	5040	6.0	360	2.17	1.5	877.10	12635.19	270.00	8010	4625.19
1.50	90	5400	6.0	360	1.63	0	682.96	13318.15	0.00	8010	5308.15
1.60	96	5760	6.0	360	1.09	0	488.83	13806.99	0.00	8010	5796.99
1.70	102	6120	6.0	360	0.55	0	294.70	14101.69	0.00	8010	6091.69
1.80	108	6486	6.1	366	0.00	0	0.00	14101.69	0.00	8010	6091.69

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4. 3 Hidrograf Inflow VS Hidrograf Outflow Rencana Pompa Simolawang pada Debit Periode Ulang 5 Tahun



Gambar 4. 4 Mass Inflow VS Mass Outflow Rencana Pompa Simolawang pada Debit Periode Ulang 5 Tahun

4.11.1.2 Perhitungan Operasi Pompa

Jika 2 pompa beroperasi dengan debit masing-masing $1.5 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan 1 pompa dengan debit $0.5 \text{ m}^3/\text{detik}$ maka,

$$\text{Waktu pemompaan} = \frac{\text{Volume yang harus dipompa}}{\text{debit pompa}}$$

$$\text{Waktu pemompaan pada periode ulang 5 tahun} = \frac{6091.69}{3.5} = 1740.48 \text{ detik} = 0.48 \text{ jam}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, rata-rata pompa dinyalakan minimum 3 pompa perhari. Pada perhitungan debit periode ulang 5 tahun (ketika hujan). menunjukkan bahwa dengan penggunaan pompa 3 buah saat hujan secara paralel, mampu mengalirkan debit limpasan menuju Saluran Simokerto selama 0.48 jam.

Setelah pompa pada Saluran Simolawang dioperasikan pada saat terjadi hidrograf aliran dengan periode ulang 5 tahun, volume maksimum yang terjadi pada saluran adalah 6091.69 m^3 dan setelah dicek ternyata volume tersebut tidak melebihi kapasitas saluran.

Pengoperasian pompa air di saluran Sekunder Simolawang harus sebelum volume air mencapai 7452 m^3 atau sebelum air meluap dari saluran, dari perhitungan di atas pengoperasian pompa air di lakukan pada jam ke 0.3 dan di hentikan pada jam ke 1.4.

Pada jam ke 0.3 pompa air 1 di nyalakan dengan kapasitas $1.5 \text{ m}^3/\text{det}$ lalu pada jam ke 0.6 pompa air 2 dan 3 dinyalakan dengan kapasitas $1.5 \text{ m}^3/\text{det}$ dan $0.5 \text{ m}^3/\text{det}$. pada jam ke 1.1 pompa air 2 dan 3 dimatikan sedangkan pada jam ke 1.4 pompa air 1 dapat dimatikan.

Pompa yang di pakai merupakan tipe pompa air tipe Submersible, jenis pompa ini merupakan pompa yang banyak di gunakan dalam pekerjaan drainase dan pengendalian banjir.

4.11.2 Perencanaan Pompa di Saluran Simokerto (Rencana 1)

4.11.2.1 Pembuatan Hidrograf Banjir

Hidrograf banjir diperkirakan dengan menggunakan hidrograf segitiga, dimana Q_p dan t_c menggunakan harga-harga pada perhitungan sebelumnya. Berdasarkan hasil perhitungan debit sebelumnya didapat :

$$C = 0.41$$

$$t_c = 1.68 \text{ jam}$$

$$Q_5 = 5.71 \text{ m}^3/\text{s}$$

Panjang hidrograf dapat diperkirakan dengan mengambil waktu mencapai puncak $T_p = t_c$ dan waktu resesi sebesar $1.67 t_p$, sehingga panjang hidrograf $T_b = 2t_c$.

$$T_p = t_c$$

$$= 101.041 \text{ menit}$$

$$= 1.68 \text{ jam}$$

$$T_b = 2 t_c$$

$$= 2 \cdot 1.68$$

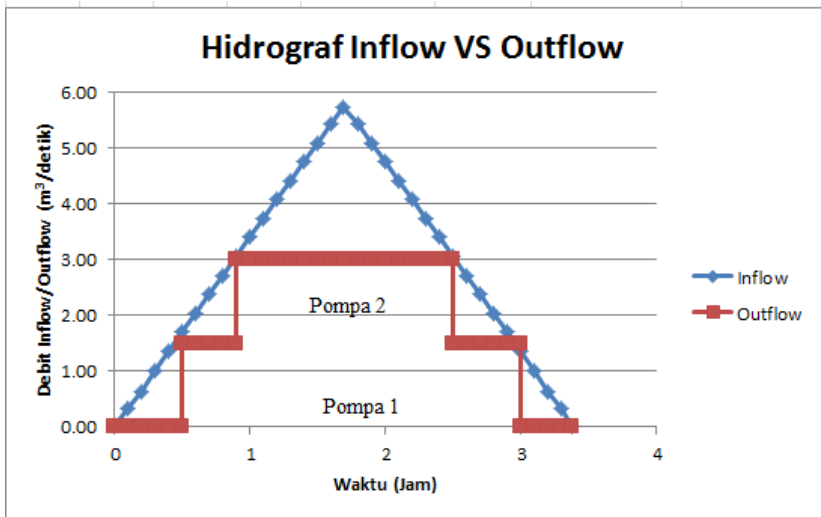
$$= 3.37 \text{ jam}$$

Perencanaan pertama akan dipasang pompa di Saluran Simokerto dengan kapasitas $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ sebanyak 2 buah

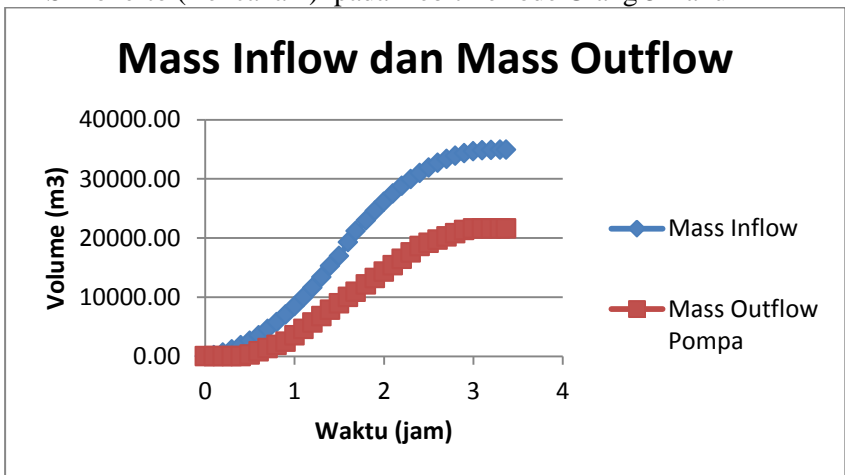
Tabel 4. 41 Mass Inflow dan Outflow Pompa Simokerto (Rencana 1) pada Debit Periode Ulang 5 Tahun

Waktu (jam)	Waktu (menit)	Waktu (detik)	Δt (menit)	Δt (detik)	Debit Inflow	Outflow	Mass Inflow	Mass Inflow Kumulatif	Mass Outflow	Mass Outflow Kumulatif	I-O m ³
0	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0	0	0,00
0,1	6	360	6	360	0,34	0	183,10	183,10	0	0	183,10
0,2	12	720	6	360	0,64	0	427,23	610,32	0	0	610,32
0,3	18	1080	6	360	1,02	0	549,29	1159,62	0	0	1159,62
0,4	24	1440	6	360	1,36	0	671,36	1830,97	0	0	1830,97
0,5	30	1800	6	360	1,70	1,5	793,42	2624,39	270	270	2354,39
0,6	36	2160	6	360	2,03	1,5	915,49	3539,88	540	1350	2729,88
0,7	42	2520	6	360	2,37	1,5	1037,55	4577,43	540	1890	3227,43
0,8	48	2880	6	360	2,71	1,5	1159,62	5737,05	540	2430	3847,05
0,9	54	3240	6	360	3,05	3,3	1281,68	7018,73	540	2970	4588,73
1,0	60	3600	6	360	3,39	3,60	1403,75	8422,48	1080	3510	4912,48
1,1	66	3960	6	360	3,73	3	1525,81	9948,29	1080	4590	5358,29
1,2	72	4320	6	360	4,07	3,60	1647,88	11596,16	1080	5670	5926,16
1,3	78	4680	6	360	4,41	3	1769,94	13366,10	1080	6750	6616,10
1,4	84	5040	6	360	4,75	3	1892,01	15258,11	1080	7830	7428,11
1,5	90	5400	6	360	5,09	3	19266,73	16941,97	1080	8910	8031,97
1,6	96	5760	6	360	5,43	3	20508,80	18792,80	1080	9990	8792,80
1,7	102	6120	6	360	5,77	3	21750,87	20643,67	1080	11070	9553,67
1,8	108	6480	6	360	6,11	3	22992,94	22534,81	1080	12150	10302,81
1,9	114	6840	6	360	6,45	3	24235,01	24470,26	1080	13230	11057,26
2,0	120	7200	6	360	6,79	3	25477,08	26407,34	1080	14310	11796,34
2,1	126	7560	6	360	7,13	3	26719,15	28344,47	1080	15390	12535,47
2,2	132	7920	6	360	7,47	3	27961,22	30281,60	1080	16470	13274,60
2,3	138	8280	6	360	7,81	3	29203,29	32218,73	1080	17550	14013,73
2,4	144	8640	6	360	8,15	3	30445,36	34155,86	1080	18630	14752,86
2,5	150	9000	6	360	8,49	3	31687,43	36092,99	1080	19710	15491,99
2,6	156	9360	6	360	8,83	3	32929,50	38030,12	1080	20790	16231,12
2,7	162	9720	6	360	9,17	3	34171,57	39967,25	1080	21870	16970,25
2,8	168	10080	6	360	9,51	3	35413,64	41904,38	1080	22950	17709,38
2,9	174	10440	6	360	9,85	3	36655,71	43841,51	1080	24030	18448,51
3,0	180	10800	6	360	10,19	3	37897,78	45778,64	1080	25110	19187,64
3,1	186	11160	6	360	10,53	3	39139,85	47715,77	1080	26190	19926,77
3,2	192	11520	6	360	10,87	3	40381,92	49652,90	1080	27270	20665,90
3,3	198	11880	6	360	11,21	3	41623,99	51590,03	1080	28350	21405,03
3,37	202	12125	4	245	0,00	0	0,00	54918,06	0	21600	13318,06

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4. 5 Hidrograf Inflow VS Hidrograf Outflow Pompa Simokerto (Rencana 1) pada Debit Periode Ulang 5 Tahun



Gambar 4. 6 Mass Inflow VS Mass Outflow Pompa Simokerto (Rencana 1) pada Debit Periode Ulang 5 Tahun

4.11.2.2 Perhitungan Operasi Pompa

Jika 2 pompa beroperasi dengan debit masing-masing $1.5 \text{ m}^3/\text{detik}$ maka,

$$\text{Waktu pemompaan} = \frac{\text{Volume yang harus dipompa}}{\text{debit pompa}}$$

$$\text{Waktu pemompaan pada periode ulang 5 tahun} = \frac{13318.06}{3} = 4439.35 \text{ detik} = 1.23 \text{ jam}$$

Pada perhitungan debit periode ulang 5 tahun (ketika hujan). menunjukkan bahwa dengan penggunaan pompa 2 buah saat hujan secara paralel, mampu mengalirkan debit limpasan menuju Saluran Pegirian selama 1.23 jam.

Pengoperasian pompa air di saluran Sekunder Simokerto harus sebelum volume air mencapai 16839.26 m^3 atau sebelum air meluap dari saluran, dari perhitungan di atas pengoperasian pompa air di lakukan pada jam ke 0.5 dan di hentikan pada jam ke 3.

Pada jam ke 0.5 pompa air 1 di nyalakan dengan kapasitas $1.5 \text{ m}^3/\text{det}$ dan pada jam ke 0.9 pompa air 2 dinyalakan dengan kapasitas $1.5 \text{ m}^3/\text{det}$. pada jam ke 2.5 pompa air 2 dimatikan sedangkan pada jam ke 3 pompa air 1 dapat dimatikan.

Pompa yang di pakai merupakan tipe pompa air tipe Submersible, jenis pompa ini merupakan pompa yang banyak di gunakan dalam pekerjaan drainase dan pengendalian banjir.

4.11.3 Perencanaan Pompa di Saluran Simokerto (Rencana 2)

4.11.3.1 Pembuatan Hidrograf Banjir

Hidrograf banjir diperkirakan dengan menggunakan hidrograf segitiga, dimana Q_p dan t_c menggunakan harga-harga pada perhitungan sebelumnya. Berdasarkan hasil perhitungan debit sebelumnya didapat :

$$C = 0.41$$

$$t_c = 1.68 \text{ jam}$$

$$Q_5 = 5.71 \text{ m}^3/\text{s}$$

Panjang hidrograf dapat diperkirakan dengan mengambil waktu mencapai puncak $T_p = t_c$ dan waktu resesi sebesar $1.67 t_p$, sehingga panjang hidrograf $T_b = 2t_c$.

$$T_p = t_c$$

$$= 101.041 \text{ menit}$$

$$= 1.68 \text{ jam}$$

$$T_b = 2 t_c$$

$$= 2 \cdot 1.68$$

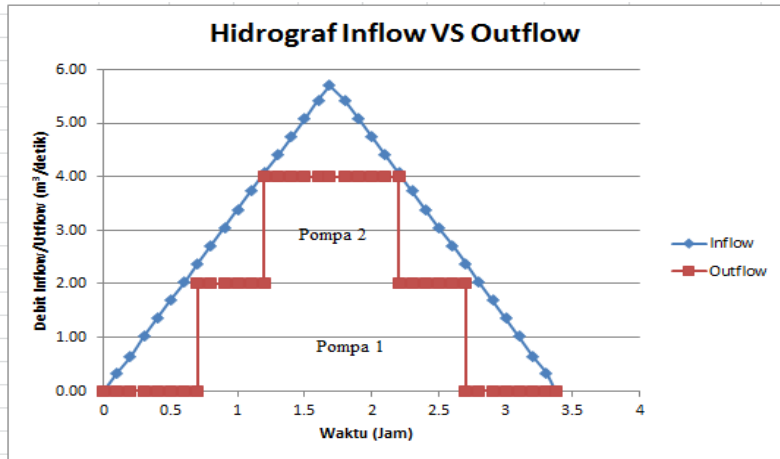
$$= 3.37 \text{ jam}$$

Perencanaan kedua, pompa di Saluran Simokerto direncanakan dengan memasang dua buah pompa yang masing berkapasitas $2 \text{ m}^3/\text{s}$

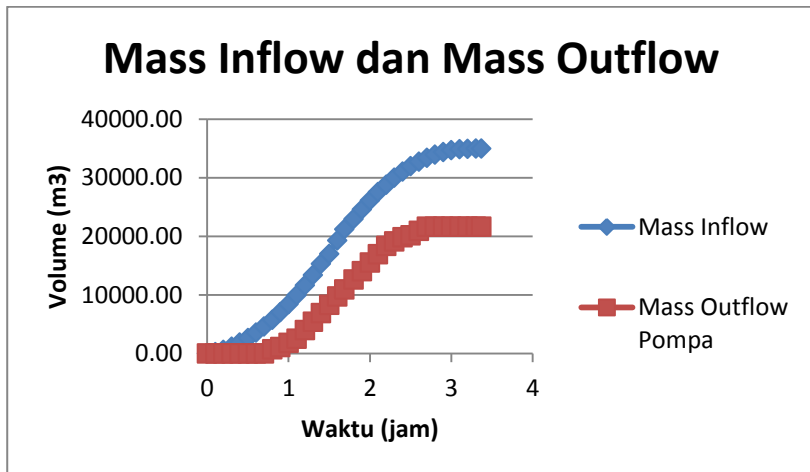
Tabel 4. 42 Mass Inflow dan Outflow Pompa Simokerto (Rencana 2) pada Debit Periode Ulang 5 Tahun

Waktu (jam)	Waktu (menit)	Waktu (detik)	At (menit)	At (detik)	Inflow	Debit	Outflow	Mass Inflow	Mass Komulatif	Mass Outflow	Mass Komulatif	I-O m ³
0	0	0	0	0	0	0.00	0	0.00	0	0	0	0.00
0.1	6	360	6	360	0	0.34	0	183.10	183.10	0	0	183.10
0.2	12	720	6	360	0	0.64	0	427.23	610.32	0	0	610.32
0.3	18	1080	6	360	0	1.02	0	549.29	1159.62	0	0	1159.62
0.4	24	1440	6	360	0	1.36	0	671.36	1830.97	0	0	1830.97
0.5	30	1800	6	360	0	1.70	0	793.42	2624.39	0	0	2624.39
0.6	36	2160	6	360	0	2.03	0	915.49	3539.88	0	0	3539.88
0.7	42	2520	6	360	0	2.37	0	1037.55	4577.43	0	0	4577.43
0.8	48	2880	6	360	0	2.71	0	1159.62	5737.05	720	720	5017.05
0.9	54	3240	6	360	3	3.05	2	1281.68	7018.73	360	1080	5938.73
1	60	3600	6	360	3	3.39	2	1403.75	8422.48	720	1800	6622.48
1.1	66	3960	6	360	3	3.73	2	1525.81	9948.29	720	2520	7428.29
1.2	72	4320	6	360	4	4.07	4	1647.88	11596.16	1440	3960	7636.16
1.3	78	4680	6	360	4	4.41	4	1769.94	13366.10	1440	5400	7966.10
1.4	84	5040	6	360	4	4.75	4	1892.01	15258.11	1440	6840	8418.11
1.5	90	5400	6	360	5	5.09	4	1683.86	16941.97	1440	8280	8661.97
1.6	96	5760	6	360	5	5.43	4	2324.77	19266.73	1440	9720	9546.73
1.68	101	6062	5	302	5	5.71	4	1892.01	21158.74	1210	10930	10228.97
1.8	108	6480	7	418	5	5.43	4	1769.94	22928.68	1670	12600	10328.68
1.9	114	6840	6	360	5	5.09	4	1647.88	24576.56	1440	14040	10536.56
2	120	7200	6	360	4	4.75	4	1525.81	26102.37	1440	15480	10622.37
2.1	126	7560	6	360	4	4.41	4	1403.75	27506.11	1440	16920	10586.11
2.2	132	7920	6	360	4	4.07	4	1281.68	28787.79	1440	18360	10427.79
2.3	138	8280	6	360	3	3.73	2	1159.62	29947.41	720	19080	10867.41
2.4	144	8640	6	360	3	3.39	2	1037.55	30984.96	720	19800	11184.96
2.5	150	9000	6	360	3	3.05	2	915.49	31900.45	360	20160	11740.45
2.6	156	9360	6	360	2	2.71	2	793.42	32693.87	720	20880	11813.87
2.7	162	9720	6	360	2	2.37	2	671.36	33365.23	720	21600	11765.23
2.8	168	10080	6	360	2	2.03	0	549.29	33914.52	0	21600	12314.52
2.9	174	10440	6	360	1	1.70	0	427.23	34341.74	0	21600	12741.74
3	180	10800	6	360	1	1.36	0	297.91	34639.66	0	21600	13039.66
3.1	186	11160	6	360	1	1.02	0	175.85	34815.51	0	21600	13215.51
3.2	192	11520	6	360	0	0.64	0	41.52	34857.02	0	21600	13257.02
3.3	198	11880	6	360	0	0.34	0	61.03	34918.06	0	21600	13318.06
3.37	202	12125	4	245	0	0.00	0	0.00	34918.06	0	21600	13318.06

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4. 7 Hidrograf Inflow VS Hidrograf Outflow Pompa Simokerto (Rencana 2) pada Debit Periode Ulang 5 Tahun



Gambar 4. 8 Mass Inflow VS Mass Outflow Pompa Simokerto (Rencana 2) pada Debit Periode Ulang 5 Tahun

4.11.3.2 Perhitungan Operasi Pompa

Jika 2 pompa beroperasi dengan debit masing-masing $2 \text{ m}^3/\text{detik}$ maka,

$$\text{Waktu pemompaan} = \frac{\text{Volume yang harus dipompa}}{\text{debit pompa}}$$

$$\text{Waktu pemompaan pada periode ulang 5 tahun} = \frac{13318.06}{4} = 3329.51 \text{ detik} = 0.92 \text{ jam}$$

Pada perhitungan debit periode ulang 5 tahun (ketika hujan). menunjukkan bahwa dengan penggunaan pompa 2 buah saat hujan secara paralel, mampu mengalirkan debit limpasan menuju Saluran Pegirian selama 0.92 jam.

Pengoperasian pompa air di saluran Sekunder Simokerto harus sebelum volume air mencapai 16839.26 m^3 atau sebelum air meluap dari saluran, dari perhitungan di atas pengoperasian pompa air di lakukan pada jam ke 0.5 dan di hentikan pada jam ke 2.8.

Pada jam ke 0.8 pompa air 1 di nyalakan dengan kapasitas $2 \text{ m}^3/\text{det}$ dan pada jam ke 1.2 pompa air 2 dinyalakan dengan kapasitas $2 \text{ m}^3/\text{det}$. pada jam ke 2.2 pompa air 2 dimatikan sedangkan pada jam ke 2.7 pompa air 1 dapat dimatikan.

Pompa yang di pakai merupakan tipe pompa air tipe Submersible, jenis pompa ini merupakan pompa yang banyak di gunakan dalam pekerjaan drainase dan pengendalian banjir.

4.11.4 Perhitungan Volume Saluran Simokerto

Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui berapa besar kapasitas saluran Simokerto yang nantinya bisa di tentukan apakah volume maksimum yang terjadi pada saluran melebihi kapasitas atau tidak.

Tabel 4. 43 Perhitungan Volume Saluran Simokerto

No	Lebar Saluran	A	Panjang Saluran	Volume
1	3	7.44	100	743.74
2	3	7.28	100	728.15
3	3	8.68	100	867.61
4	3	6.82	100	682.37
5	3	6.64	100	664.06
6	3	7.73	100	773.27
7	3	11.86	100	1185.9
8	3	13.87	100	1387.01
9	3	9.24	100	924.02
10	3	9.39	100	938.84
11	3	10.72	100	1072.11
12	3	9.90	100	990.08
13	3	11.66	100	1166.16
14	3	11.00	100	1099.56
15	3	11.39	100	1138.78
16	3	11.65	100	1165.25
17	3	13.12	100	1312.35
Total				16839.26

Sumber : Hasil Perhitungan

Setelah pompa pada Saluran Simokerto dioperasikan pada saat terjadi hidrograf aliran dengan periode ulang 5 tahun, volume maksimum yang terjadi pada perencanaan 1 adalah 13318.06 m^3 sedangkan pada perencanaan 2 adalah 10078.06 m^3 dan setelah dicek ternyata volume tersebut tidak melebihi kapasitas saluran juga.

4.11.5 Perencanaan Pompa di Saluran Sidodadi Simolawang (Rencana 1)

4.11.5.1 Pembuatan Hidrograf Banjir

Hidrograf banjir diperkirakan dengan menggunakan hidrograf segitiga, dimana Q_p dan t_c menggunakan harga-harga pada perhitungan sebelumnya. Berdasarkan hasil perhitungan debit sebelumnya didapat :

$$C = 0.400$$

$$t_c = 1.29 \text{ jam}$$

$$Q_5 = 4.32 \text{ m}^3/\text{s}$$

Panjang hidrograf dapat diperkirakan dengan mengambil waktu mencapai puncak $T_p = t_c$ dan waktu resesi sebesar $1.67 t_p$, sehingga panjang hidrograf $T_b = 2t_c$.

$$\begin{aligned} T_p &= t_c \\ &= 77.919 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$= 1.29 \text{ jam}$$

$$T_b = 2 t_c$$

$$= 2. 1.29$$

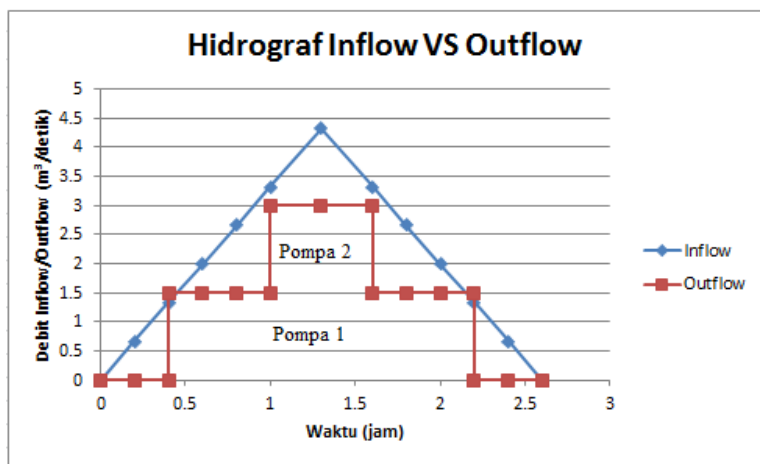
$$= 2.60 \text{ jam}$$

Perencanaan pertama, akan direncanakan pompa di Saluran Sidodadi Simolawang dengan memasang 2 buah pompa dengan kapasitas $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$

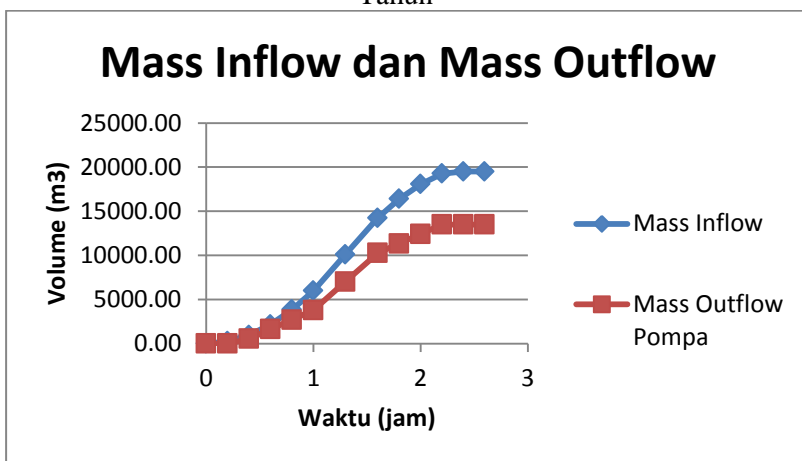
Tabel 4. 44 Mass Inflow dan Outflow Pompa Sidadadi Simolawang (Rencana 1) pada Debit Periode Ulang 5 Tahun

Waktu (jam)	Waktu (menit)	Δt (menit)	Δt (detik)	Debit		Mass Inflow		Mass Outflow		I-O
				Inflow	Outflow	Inflow	Kumulatif	Inflow	Kumulatif	
0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00
0.2	12	720	12.0	0.66	0	239.36	239.36	0.00	0	239.36
0.4	24	1440	12.0	1.33	1.5	718.07	957.43	540.00	540	417.43
0.6	36	2160	12.0	1.99	1.5	1196.79	2154.22	1080.00	1620.00	534.22
0.8	48	2880	12.0	2.66	1.5	1675.50	3829.72	1080.00	2700.00	1129.72
1	60	3600	12.0	3.32	1.5	2154.22	5983.94	1080.00	3780.00	2203.94
1.30	78	4675	17.9	4.32	3	4107.97	10091.91	3225.45	7005.45	3086.46
1.6	96	5760	18.1	3.32	3	4145.03	14236.94	3254.55	10260.00	3976.94
1.8	108	6480	12.0	2.66	1.5	2154.22	16391.16	1080.00	11340.00	5051.16
2.0	120	7200	12.0	1.99	1.5	1675.50	18066.66	1080.00	12420.00	5646.66
2.2	132	7920	12.0	1.33	1.5	1196.79	19263.45	1080.00	13500.00	5763.45
2.4	144	8640	12.0	0.66	0	239.36	19502.81	0.00	13500.00	6002.81
2.6	156	9360	11.8	0.00	0	0.00	19502.81	0.00	13500.00	6002.81

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4. 9 Hidrograf Inflow VS Hidrograf Outflow Pompa Sidodadi Simolawang (Rencana 1) pada Debit Periode Ulang 5 Tahun



Gambar 4. 10 Mass Inflow VS Mass Outflow Pompa Sidodadi Simolawang (Rencana 1) pada Debit Periode Ulang 5 Tahun

4.11.5.2 Perhitungan Operasi Pompa

Jika 2 pompa beroperasi dengan debit masing-masing $1.5 \text{ m}^3/\text{detik}$ maka,

$$\text{Waktu pemompaan} = \frac{\text{Volume yang harus dipompa}}{\text{debit pompa}}$$

$$\text{Waktu pemompaan pada periode ulang 5 tahun} = \frac{60002.81}{3} = 2000.94 \text{ detik} = 0.56 \text{ jam}$$

Pada perhitungan debit periode ulang 5 tahun (ketika hujan). menunjukkan bahwa dengan penggunaan pompa 2 buah saat hujan secara paralel, mampu mengalirkan debit limpasan menuju Saluran Pegirian selama 0.46 jam.

Pengoperasian pompa air di saluran Sekunder Sidodadi-Simolawang harus sebelum volume air mencapai 6934.59 m^3 atau sebelum air meluap dari saluran, dari perhitungan di atas pengoperasian pompa air di lakukan pada jam ke 0.4 dan di hentikan pada jam ke 2.2.

Pada jam ke 0.4 pompa air 1 di nyalakan dengan kapasitas $1.5 \text{ m}^3/\text{det}$ dan pada jam ke 1.3 pompa air 2 dinyalakan dengan kapasitas $1.5 \text{ m}^3/\text{det}$. Pada jam ke 1.6 pompa air 2 dimatikan sedangkan pada jam ke 2.2 pompa air 1 dapat dimatikan.

Pompa yang di pakai merupakan tipe pompa air tipe Submersible, jenis pompa ini merupakan pompa yang banyak di gunakan dalam pekerjaan drainase dan pengendalian banjir.

4.11.6 Perencanaan Pompa di Saluran Sidodadi Simolawang (Rencana 2)

4.11.6.1 Pembuatan Hidrograf Banjir

Hidrograf banjir diperkirakan dengan menggunakan hidrograf segitiga, dimana Q_p dan t_c menggunakan harga-harga pada perhitungan sebelumnya. Berdasarkan hasil perhitungan debit sebelumnya didapat :

$$C = 0.400$$

$$t_c = 1.29 \text{ jam}$$

$$Q_5 = 4.32 \text{ m}^3/\text{s}$$

Panjang hidrograf dapat diperkirakan dengan mengambil waktu mencapai puncak $T_p = t_c$ dan waktu resesi sebesar $1.67 t_p$, sehingga panjang hidrograf $T_b = 2t_c$.

$$\begin{aligned} T_p &= t_c \\ &= 77.919 \text{ menit} \\ &= 1.29 \text{ jam} \end{aligned}$$

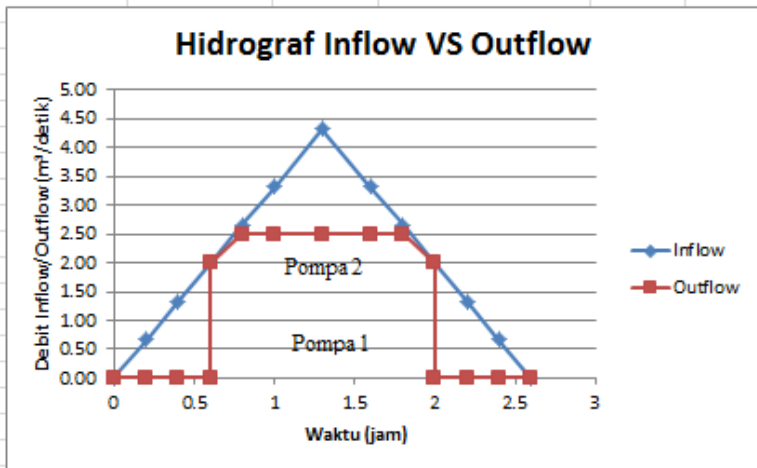
$$\begin{aligned} T_b &= 2 t_c \\ &= 2 \cdot 1.29 \\ &= 2.60 \text{ jam} \end{aligned}$$

Perencanaan kedua, akan direncanakan pompa di Saluran Sidodadi Simolawang dengan memasang 2 buah pompa dengan kapasitas $2 \text{ m}^3/\text{s}$ dan $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$

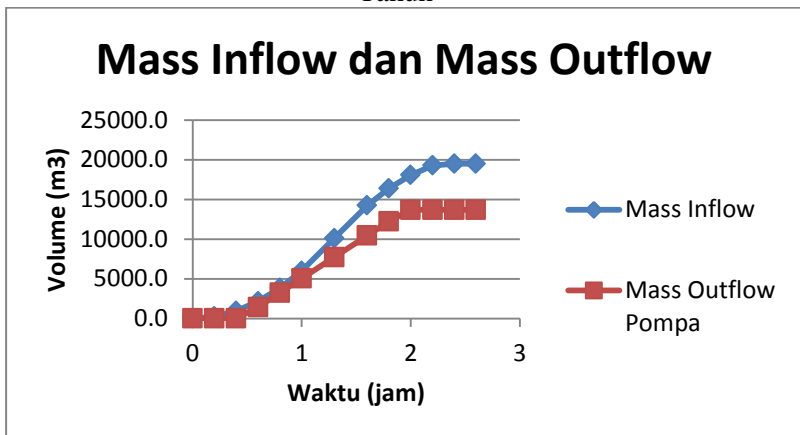
Tabel 4. 45 Mass Inflow dan Outflow Pompa Sidodadi Simolawang (Rencana 2) pada Debit Periode Ulang 5 Tahun

Waktu (jam)	Waktu (menit)	Waktu (detik)	Δt (menit)	Δt (detik)	Debit		Mass Inflow		Mass Outflow		Mass Outflow Komulatif		I-O
					Inflow	Outflow	Inflow	Kumulatif	Mass Outflow	Kumulatif			
0	0	0	0	0	0	0,00	0	0,0	0	0	0	0,00	
0.2	12	720	12.0	720	720	0,66	0	239,4	0	0	0	239,36	
0.4	24	1440	12.0	720	720	1,33	0	718,07	0	0,00	0	957,43	
0.6	36	2160	12.0	720	720	1,99	2	1196,79	2	1440,00	1440,00	714,22	
0.8	48	2880	12.0	720	720	2,66	2,5	1675,50	2,5	1800,00	3240,00	589,72	
1	60	3600	12.0	720	720	3,32	2,5	2154,22	2,5	1800,00	5040,00	943,94	
1.30	78	4675	17.9	1075	1075	4,32	2,5	4107,97	2,5	2687,88	7727,88	2364,04	
1.6	96	5760	18.1	1085	1085	3,32	2,5	4145,03	2,5	2712,12	10440,00	3796,94	
1.8	108	6480	12.0	720	720	2,66	2,5	2154,22	2,5	1800,00	12240,00	4151,16	
2.0	120	7200	12.0	720	720	1,99	2	1675,50	2	1440,00	13680,00	4386,66	
2.2	132	7920	12.0	720	720	1,33	0	1196,79	0	0,00	13680,00	5583,45	
2.4	144	8640	12.0	720	720	0,66	0	239,4	0	0,00	13680,00	5822,81	
2.60	156	9350	11.8	710	710	0,00	0	0,0	0	0,00	13680,00	5822,81	

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4. 11 Hidrograf Inflow VS Hidrograf Outflow Pompa Sidodadi Simolawang (Rencana 2) pada Debit Periode Ulang 5 Tahun



Gambar 4. 12 Mass Inflow VS Mass Outflow Pompa Sidodadi Simolawang (Rencana 2) pada Debit Periode Ulang 5 Tahun

4.11.6.2 Perhitungan Operasi Pompa

Jika 2 pompa beroperasi dengan 1 pompa kapasitas 2 m³/detik dan 1 pompa dengan kapasitas 0.5 m³/detik maka,

$$\text{Waktu pemompaan} = \frac{\text{Volume yang harus dipompa}}{\text{debit pompa}}$$

Waktu pemompaan pada periode ulang 5 tahun =

$$\frac{5822.81}{2.5} = 2329.12 \text{ detik} = 0.65 \text{ jam}$$

Pada perhitungan debit periode ulang 5 tahun (ketika hujan). menunjukkan bahwa dengan penggunaan pompa 2 buah saat hujan secara paralel, mampu mengalirkan debit limpasan menuju Saluran Pegirian selama 0.65 jam.

Pengoperasian pompa air di saluran Sekunder Sidodadi-Simolawang harus sebelum volume air mencapai 6934.59 m³ atau sebelum air meluap dari saluran, dari perhitungan di atas pengoperasian pompa air di lakukan pada jam ke 0.6 dan di hentikan pada jam ke 2.2.

Pada jam ke 0.6 pompa air 1 di nyalakan dengan kapasitas 2 m³/det dan pada jam ke 0.8 pompa air 2 dinyalakan dengan kapasitas 0.5 m³/det. Pada jam ke 2.2 pompa air 2 dimatikan sedangkan pada jam ke 2 pompa air 1 dapat dimatikan.

Pompa yang di pakai merupakan tipe pompa air tipe Submersible, jenis pompa ini merupakan pompa yang banyak di gunakan dalam pekerjaan drainase dan pengendalian banjir.

4.11.7 Perhitungan Volume Saluran Sidodadi Simolawang

Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui berapa besar kapasitas saluran Sidodadi Simolawang yang nantinya bisa di tentukan apakah volume maksimum yang terjadi pada saluran melebihi kapasitas atau tidak.

Tabel 4. 46 Perhitungan Volume Saluran Sidodadi Simolawang

No	Lebar Saluran	A	Panjang Saluran	Volume
1	3	3.640	100	364.01
2	3	3.014	100	301.43
3	3	5.781	100	578.14
4	3	5.61	100	560.97
5	3	4.36	100	436.14
6	3	3.38	100	338.27
7	3	3.50	100	350
8	3	3.37	100	337.21
9	3	3.28	100	328.19
10	3	3.75	100	374.58
11	3	5.25	100	524.51
12	3	5.25	100	524.51
13	3	5.25	100	524.51
14	3	6.96	100	696.06
15	3	6.96	100	696.06
Total				6934.59

Sumber : Hasil Perhitungan

Setelah pompa pada Saluran Sidodadi Simolawang dioperasikan pada saat terjadi hidrograf aliran dengan periode ulang 5 tahun, volume maksimum yang terjadi pada perencanaan 1 adalah 4922.81 m^3 sedangkan pada perencanaan 2 adalah 5822.81 m^3 dan setelah dicek ternyata volume tersebut tidak melebihi kapasitas saluran juga.

4.12 Pembahasan Solusi

Dari perhitungan diatas terdapat penambahan kapasitas pada pompa Simolawang, perencanaan pompa pada saluran Simokerto dan juga pada saluran Sidodadi Simolawang. Terdapat dua perencanaan pada kedua saluran pada saat debit periode ulang 5 tahun. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 4. 47 Rekapitulasi Perencanaan Kapasitas dan Waktu Pengoperasian Pompa

No	Nama Saluran	Kapasitas Pompa	Waktu Pengoperasian
1	Saluran Simolawang	3 buah dengan 2 pompa kapasitas $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ dan 1 pompa kapasitas $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$	0.48 jam
2	Saluran Simokerto	2 buah pompa dengan kapasitas $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$	1.23 jam
	Rencana 2	2 buah pompa dengan kapasitas $2 \text{ m}^3/\text{s}$	0.92 jam
3	Saluran Sidodadi Simolawang	2 buah pompa dengan kapasitas $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$	0.56 jam
	Rencana 2	2 buah pompa dengan kapasitas $2 \text{ m}^3/\text{s}$ dan $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$	0.65 jam

Sumber : Hasil Perhitungan

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari analisa perencanaan tugas akhir terapan ini dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Permasalahan banjir pada sistem drainase kawasan Simokerto dan sekitarnya disebabkan oleh ketidakmampuan beberapa saluran sekunder dan tersier menampung dan mengalirkan debit yang melimpas.
2. Ketidakmampuan tersebut terjadi karena kapasitas beberapa saluran sekunder dan tersier tidak mampu menampung debit dari lahan yang dilayaninya
3. Penambahan satu pompa di Saluran Simolawang yang semula hanya ada 2 pompa dengan kapasitas masing-masing $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ ditambah satu pompa dengan kapasitas $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ sehingga membutuhkan waktu 0.48 jam untuk air bisa mengalir menuju Saluran Simokerto.
4. Pompa direncanakan dipasang di 2 saluran sekunder yaitu Saluran Simokerto dan Saluran Sidodadi Simolawang. Pada Saluran Simokerto direncanakan 2 buah pompa dengan kapasitas $2 \text{ m}^3/\text{s}$ sehingga membutuhkan waktu 0.92 jam agar air bisa mengalir ke Saluran Pegirian, sedangkan di Saluran Sidodadi Simolawang direncanakan 2 buah pompa dengan kapasitas $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ sehingga membutuhkan waktu 0.65 jam agar air bisa mengalir ke Saluran Pegirian.
5. Beberapa saluran masih perlu dilakukan kajian lebih lanjut guna untuk dicarikan solusi yang paling efektif.

5.2 Saran

Beberapa saran yang mungkin dapat dilaksanakan untuk mencegah banjir di kawasan sistem drainase Simokerto antara lain:

1. Perlu dilakukan perawatan berkala pada saluran sekunder, terutama pada saluran tersier sehingga saluran tidak dipenuhi sedimen dari limbah masyarakat yang dapat menghambat kecepatan aliran air dan mengurangi kapasitas saluran.
2. Perlu dilakukan perawatan berkala pada pompa-pompa yang sudah ada agar bisa berfungsi dengan baik

BIODATA PENULIS



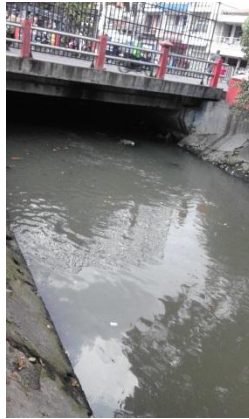
Penulis bernama Anita Ratna Anggraeni. Tempat tanggal lahir Surabaya, 16 Agustus 1994. Merupakan anak Ketiga dari 4 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu: SDN Gading IX Surabaya, SMPN 9 Surabaya, SMAN 4 Surabaya, Diploma 3 Teknik Sipil FTSP ITS. Penulis melanjutkan studinya di Diploma 4 Lanjut Jenjang Teknik Sipil pada tahun 2016, terdaftar dengan NRP 311.604.050.3. Penulis tetap mengambil konsentrasi Bangunan Air dengan topik drainase

sebagai tugas akhirnya.

Menyadari dalam penulisan Tugas Akhir ini jauh dari kata sempurna, penulis menerima kritik dan saran yang membangun.

Email: anitaratnaanggraeni@gmail.com

FOTO HASIL SURVEY LAPANGAN PADA SISTEM
DRAINASE PEGIRIAN DI KAWASAN SIMOKERTO



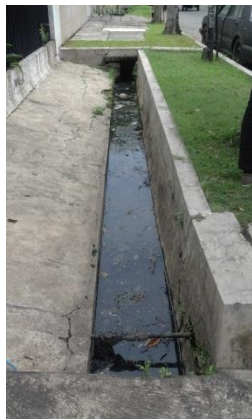
Kondisi eksisting di saluran primer Pegirian



Kondisi eksisting di saluran sekunder Simokerto



Kondisi eksisting di saluran sekunder Simolawang



Kondisi eksisting di saluran tersier Simokerto Asri



Kondisi eksisting di saluran tersier Sidotopo Jaya 15



Kondisi eksisting di saluran tersier Makam Pegirian



Pertemuan antara Saluran Sekunder Simokerto dengan Saluran Primer Pegirian



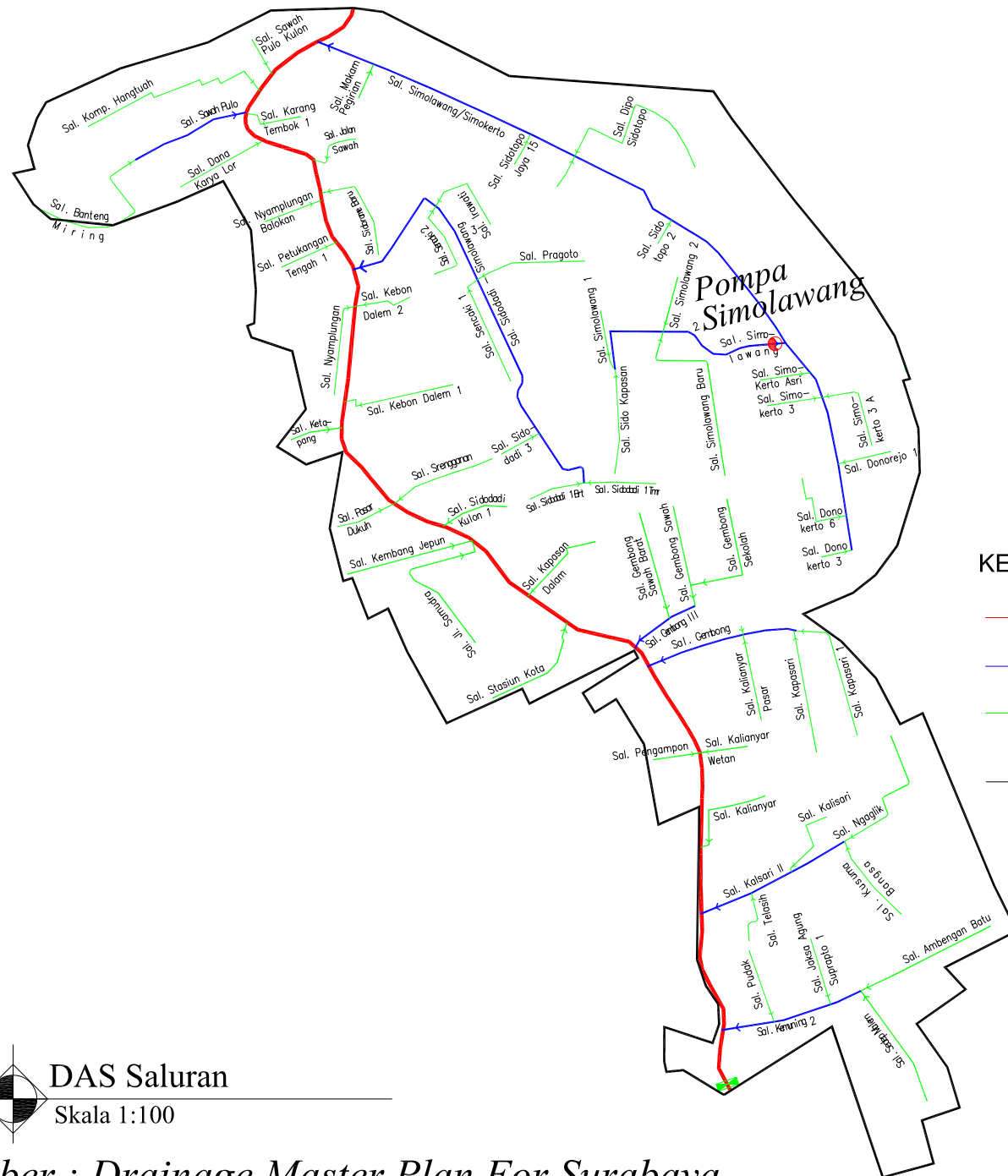
Kondisi eksisting di saluran sekunder Sidodadi-Simolawang



Kondisi eksisting di saluran tersier Pragoto

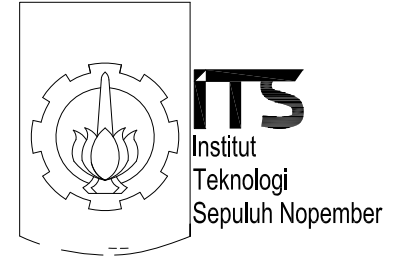


Kondisi eksisting di saluran tersier Karang Tembok I



KETERANGAN

- SALURAN PRIMER
- SALURAN SEKUNDER
- SALURAN TERSIER
- BATAS DAS



JUDUL TUGAS AKHIR

**RENCANA OPERASI
PENGENDALIAN BANJIR DI
KAWASAN SIMOKERTO KOTA
SURABAYA**

NAMA GAMBAR

DAS Saluran

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. FX Didik Harijanto, CES
19590329 198811 1001**

NAMA MAHASISWA

**Anita Ratna Anggraeni
3116 0405 03**

NO

JUMLAH

1

45



DAS Saluran

Skala 1:100

Sumber : Drainage Master Plan For Surabaya

JUDUL TUGAS AKHIR

**RENCANA OPERASI
PENGENDALIAN
BANJIR DI KAWASAN
SIMOKERTO KOTA
SURABAYA**

NAMA GAMBAR

Skema Jaringan Saluran

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. FX Didik Harijanto, CES
19590329 198811 1001**

NAMA MAHASISWA

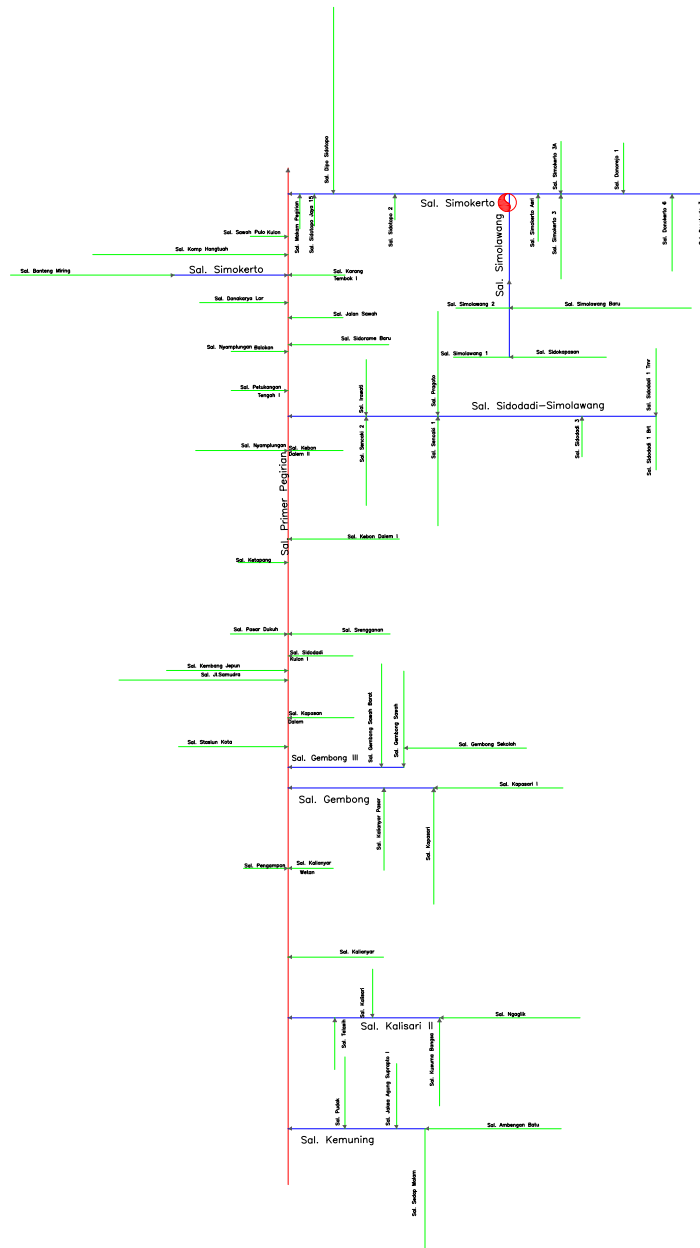
**Anita Ratna Anggraeni
3116 0405 03**

NO

2

JUMLAH

45



KETERANGAN

- SALURAN PRIMER
- SALURAN SEKUNDER
- SALURAN TERSIER
-  RUMAH POMPA

JUDUL TUGAS AKHIR

RENCANA OPERASI PENGENDALIAN BANJIR DI KAWASAN SIMOKERTO KOTA SURABAYA

NAMA GAMBAR

Potongan Memanjang
Saluran Primer Pegirian

DOSEN PEMBIMBING

Ir. FX Didik Harijanto, CES
19590329 198811 1001

NAMA MAHASISWA

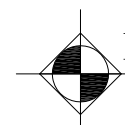
Anita Ratna Anggraeni
3116 0405 03

NO

3

JUMLAH

45

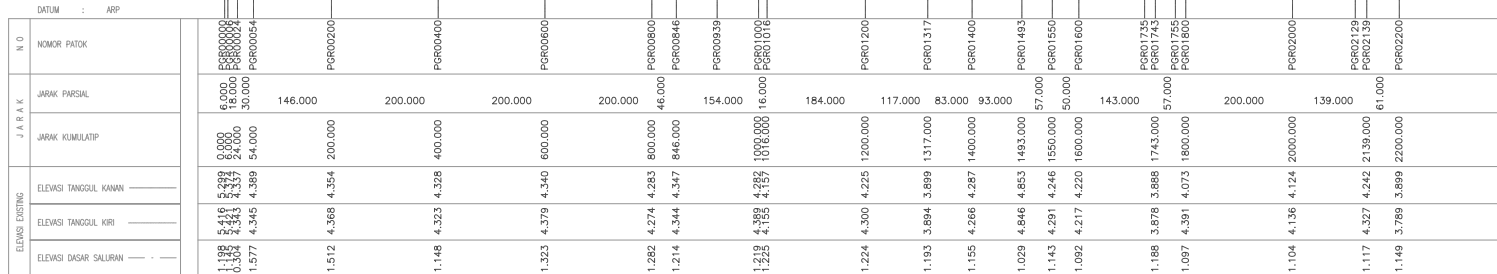


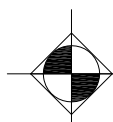
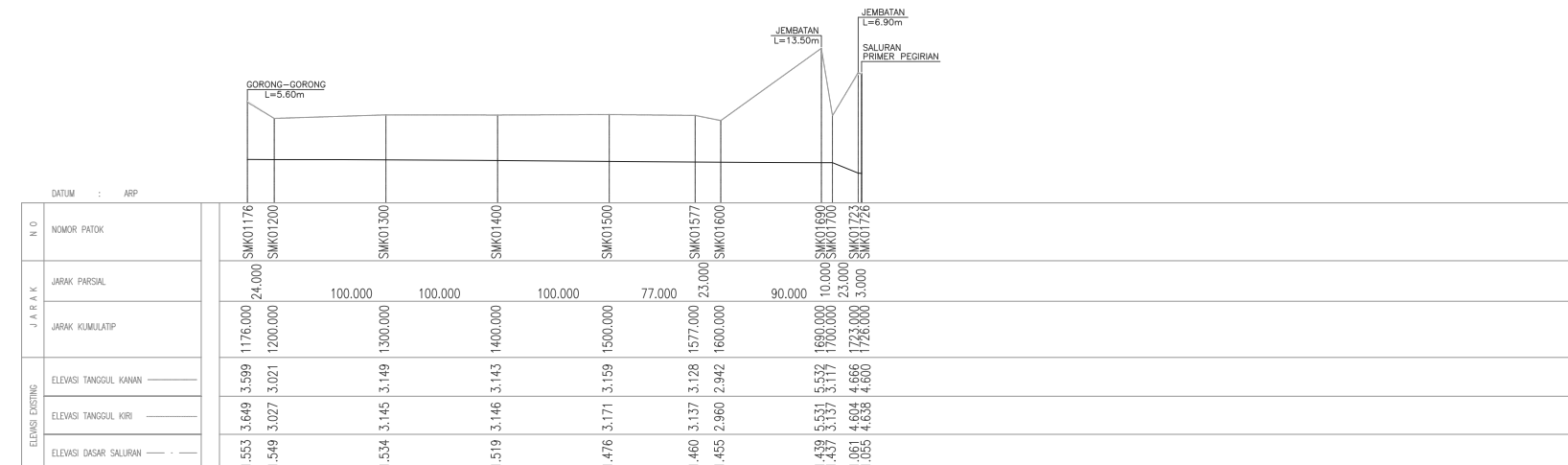
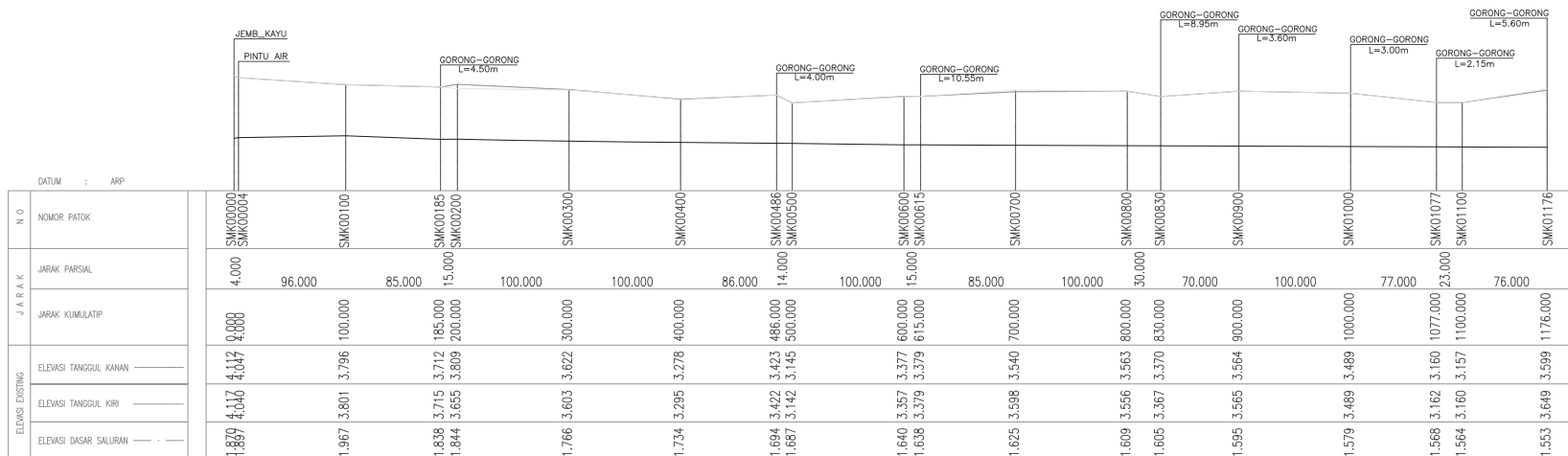
Potongan Memanjang Saluran Primer Pegirian

Skala Horizontal 1:500

Skala Vertikal 1:100

Sumber : Drainage Master Plan For Surabaya



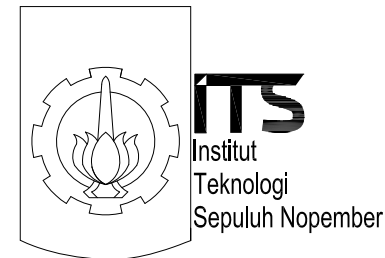


Potongan Memanjang Saluran Simokerto

Skala Horizontal 1:500

Skala Vertikal 1:100

Sumber : Drainage Master Plan For Surabaya



JUDUL TUGAS AKHIR

RENCANA OPERASI PENGENDALIAN BANJIR DI KAWASAN SIMOKERTO KOTA SURABAYA

NAMA GAMBAR

Potongan Memanjang
Saluran Simokerto

DOSEN PEMBIMBING

Ir. FX Didik Harijanto, CES
19590329 198811 1001

NAMA MAHASISWA

Anita Ratna Anggraeni
3116 0405 03

NO

4

JUMLAH

45

JUDUL TUGAS AKHIR

**RENCANA OPERASI
PENGENDALIAN
BANJIR DI KAWASAN
SIMOKERTO KOTA
SURABAYA**

NAMA GAMBAR

Potongan Melintang
Saluran Simokerto

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. FX Didik Harijanto, CES
19590329 198811 1001**

NAMA MAHASISWA

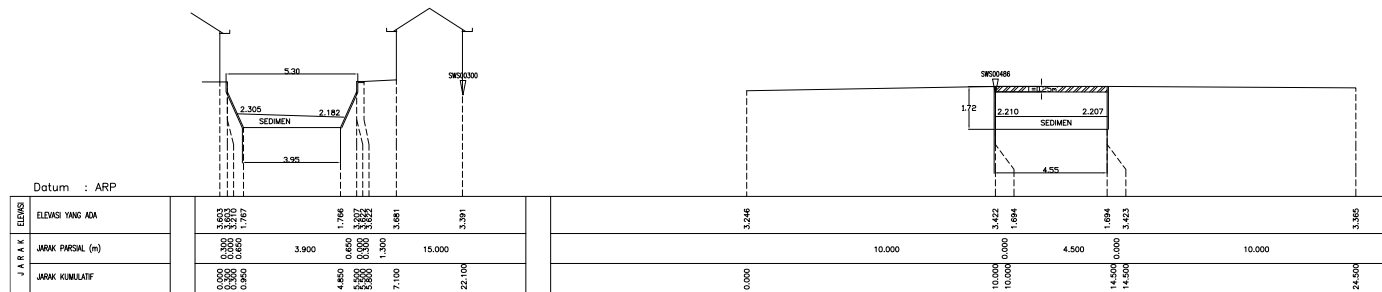
**Anita Ratna Anggraeni
3116 0405 03**

NO

5

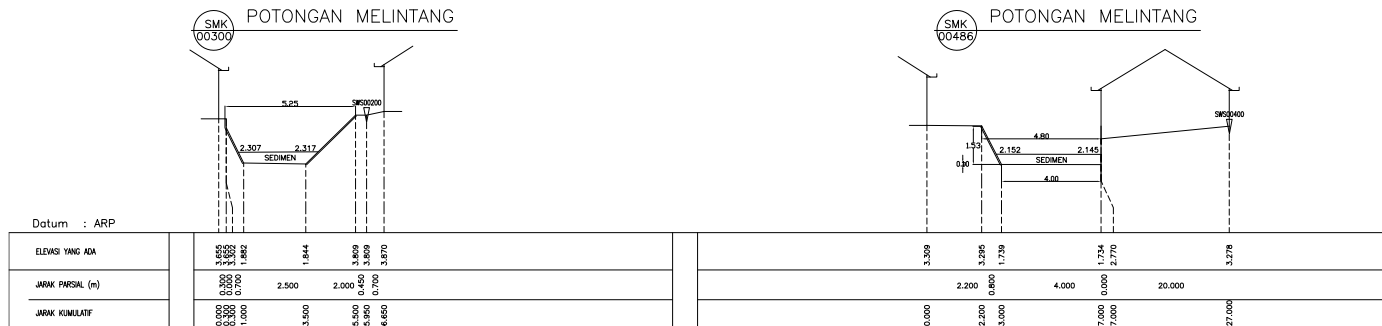
JUMLAH

45



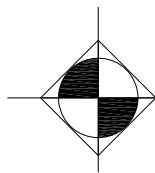
POTONGAN MELINTANG
SMK 00300

POTONGAN MELINTANG
SMK 00486



POTONGAN MELINTANG
SMK 00200

POTONGAN MELINTANG
SMK 00400



Potongan Melintang Saluran Simokerto

Skala Horizontal 1:100

Skala Vertikal 1:100

Skala Vertikal 1:100

JUDUL TUGAS AKHIR

**RENCANA OPERASI
PENGENDALIAN
BANJIR DI KAWASAN
SIMOKERTO KOTA
SURABAYA**

NAMA GAMBAR

Potongan Melintang
Saluran Simokerto

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. FX Didik Harijanto, CES
19590329 198811 1001**

NAMA MAHASISWA

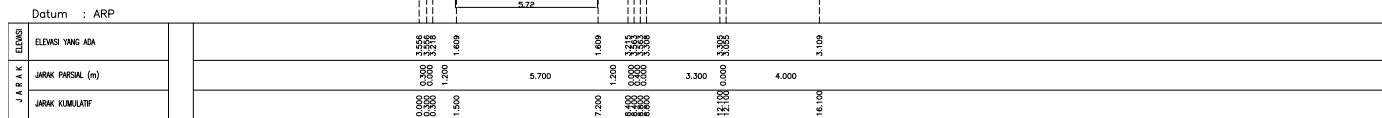
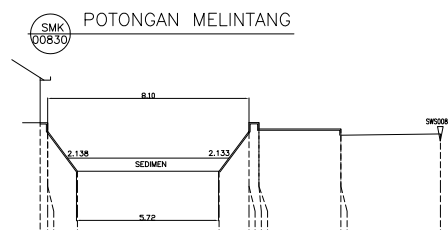
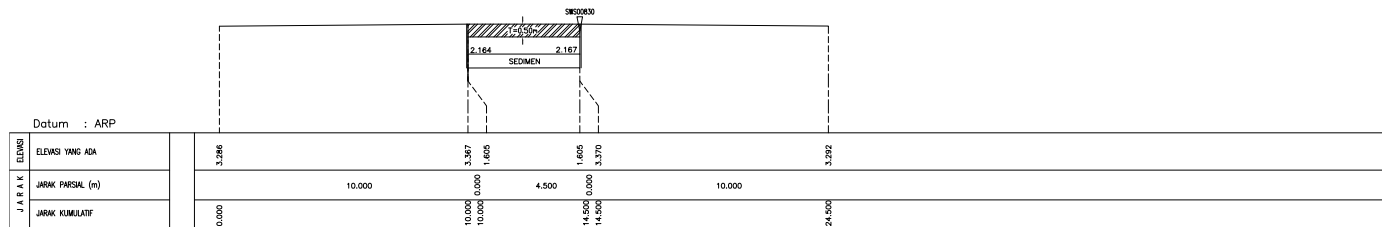
**Anita Ratna Anggraeni
3116 0405 03**

NO

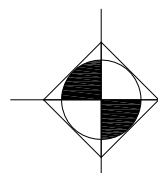
JUMLAH

7

45



POTONGAN MELINTANG



Potongan Melintang Saluran Simokerto

Skala Horizontal 1:100

Skala Vertikal 1:100

Sumber : Drainage Master Plan For Surabaya

JUDUL TUGAS AKHIR

**RENCANA OPERASI
PENGENDALIAN
BANJIR DI KAWASAN
SIMOKERTO KOTA
SURABAYA**

NAMA GAMBAR

Potongan Melintang
Saluran Simokerto

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. FX Didik Harijanto, CES
19590329 198811 1001**

NAMA MAHASISWA

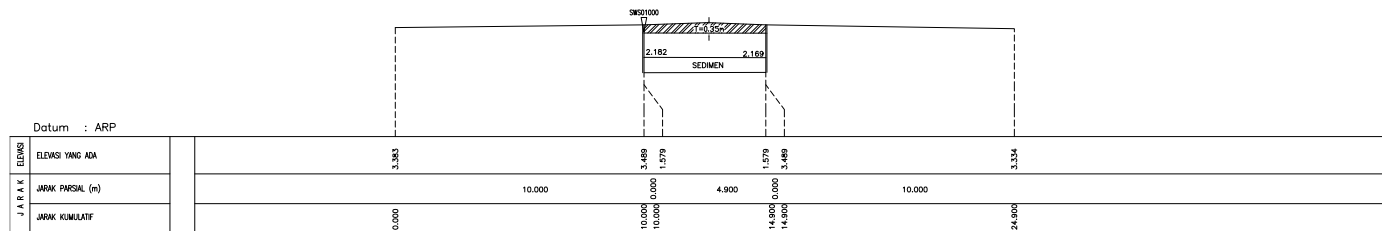
**Anita Ratna Anggraeni
3116 0405 03**

NO

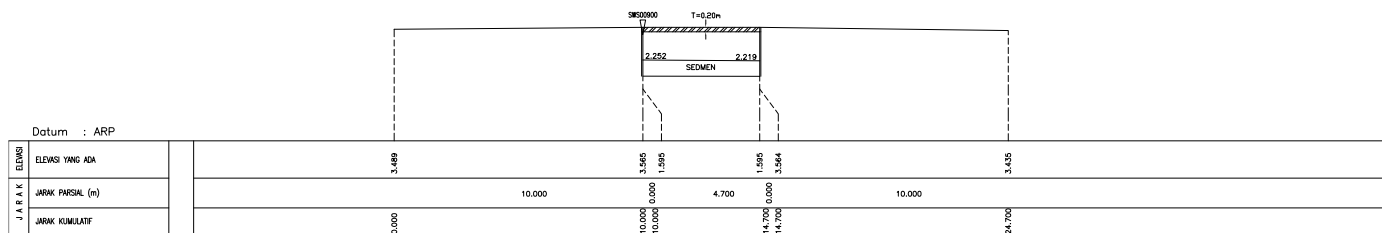
JUMLAH

8

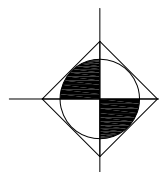
45



SMK 01000 POTONGAN MELINTANG



SMK 00900 POTONGAN MELINTANG



Potongan Melintang Saluran Simokerto

Skala Horizontal 1:100

Skala Vertikal 1:100

Sumber : Drainage Master Plan For Surabaya

JUDUL TUGAS AKHIR

**RENCANA OPERASI
PENGENDALIAN
BANJIR DI KAWASAN
SIMOKERTO KOTA
SURABAYA**

NAMA GAMBAR

Potongan Melintang
Saluran Simokerto

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. FX Didik Harijanto, CES
19590329 198811 1001**

NAMA MAHASISWA

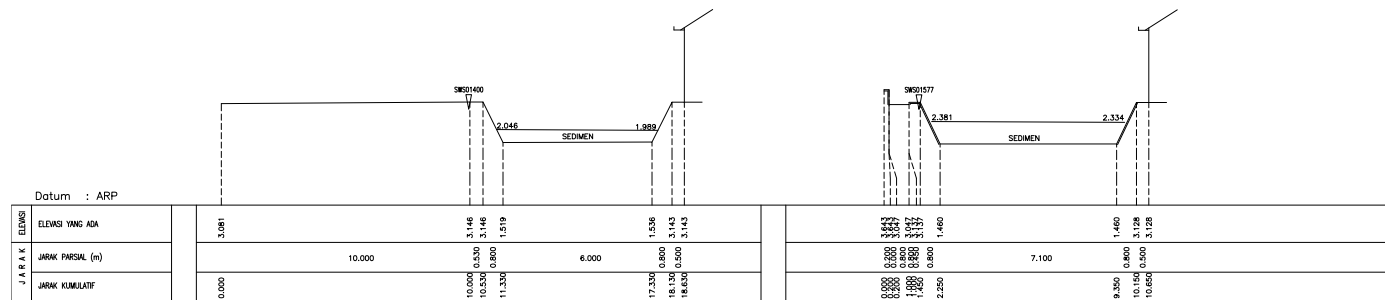
**Anita Ratna Anggraeni
3116 0405 03**

NO

JUMLAH

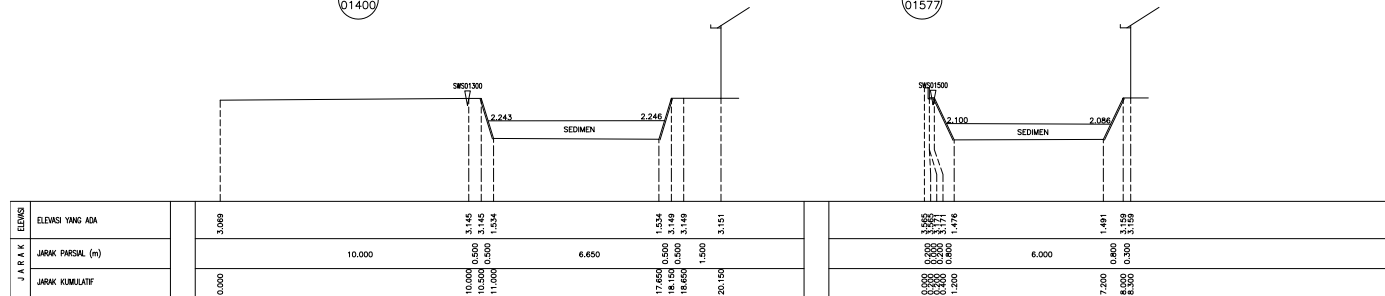
9

45



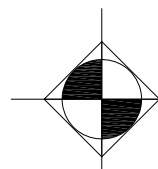
POTONGAN MELINTANG
SMK 01400

POTONGAN MELINTANG
SMK 01577



POTONGAN MELINTANG
SMK 01300

POTONGAN MELINTANG
SMK 01500



Potongan Melintang Saluran Simokerto

Skala Horizontal 1:100

Skala Vertikal 1:100

Sumber : Drainage Master Plan For Surabaya

JUDUL TUGAS AKHIR

**RENCANA OPERASI
PENGENDALIAN
BANJIR DI KAWASAN
SIMOKERTO KOTA
SURABAYA**

NAMA GAMBAR

**Potongan Melintang
Saluran Simokerto**

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. FX Didik Harijanto, CES
19590329 198811 1001**

NAMA MAHASISWA

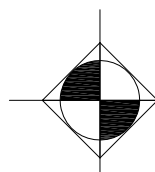
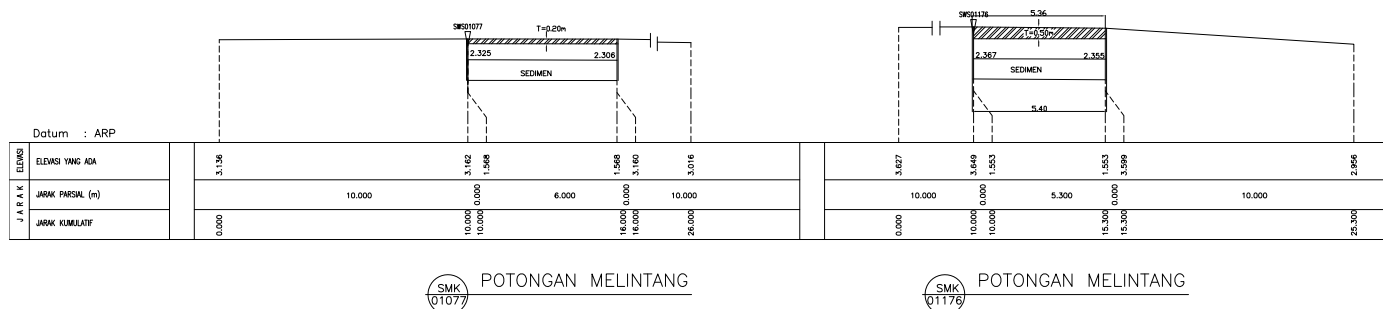
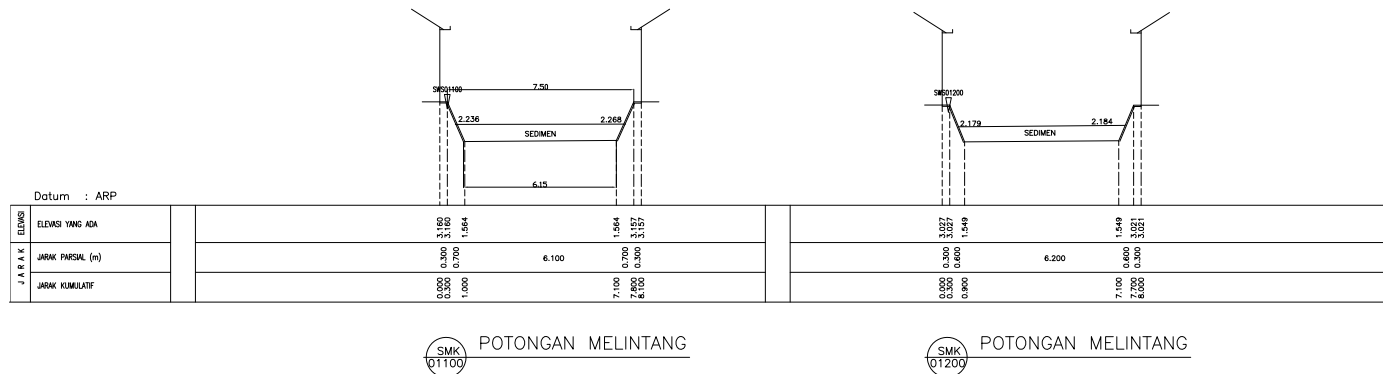
**Anita Ratna Anggraeni
3116 0405 03**

NO

JUMLAH

10

45



Potongan Melintang Saluran Simokerto

Skala Horizontal 1:100

Skala Vertikal 1:100

Sumber : Drainage Master Plan For Surabaya

JUDUL TUGAS AKHIR

**RENCANA OPERASI
PENGENDALIAN
BANJIR DI KAWASAN
SIMOKERTO KOTA
SURABAYA**

NAMA GAMBAR

Potongan Melintang
Saluran Simokerto

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. FX Didik Harijanto, CES
19590329 198811 1001**

NAMA MAHASISWA

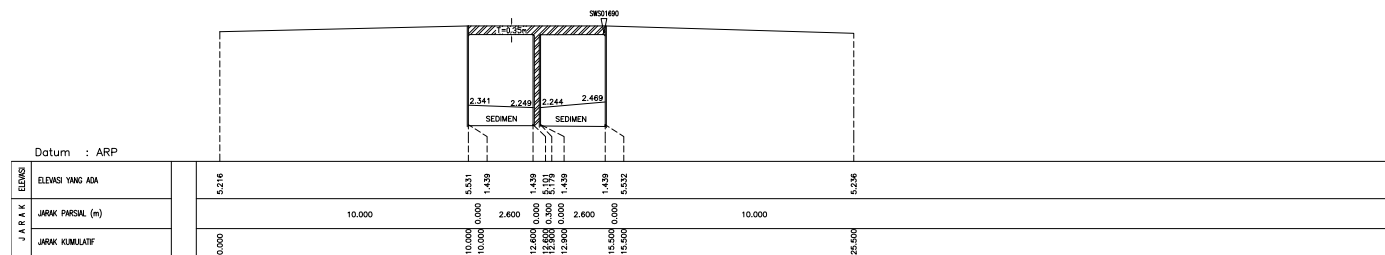
**Anita Ratna Anggraeni
3116 0405 03**

NO

JUMLAH

11

45



JUDUL TUGAS AKHIR

**RENCANA OPERASI PENGENDALIAN
BANJIR DI KAWASAN SIMOKERTO
KOTA SURABAYA**

NAMA GAMBAR

Potongan Melintang
Saluran Simolawang

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. FX Didik Harijanto, CES
19590329 198811 1001**

NAMA MAHASISWA

**Anita Ratna Anggraeni
3116 0405 03**



NO

12

JUMLAH

45

Datum : ARP

J A R A K	ELEVASI												
	ELEVASI YANG ADA	4.301	4.301	2.067	2.067	4.296	4.296	4.201	4.201	1.967	1.967	4.196	4.196
	JARAK PARSIAL (m)	0.38	1.00	2.00	1.00	0.00	0.30	0.38	1.00	1.88	1.00	0.00	0.30
JARAK KUMULATIF		0.00	0.38	1.30	3.30	4.30	4.60	0.00	0.38	1.30	3.10	4.10	4.40

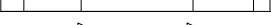

SML
00100

POTONGAN MELINTANG

SML
00200

POTONGAN MELINTANG

Datum : ARP

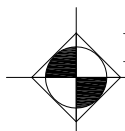
J A R A K	ELEVASI												
	ELEVASI YANG ADA	4.001	4.001	1.867	1.867	3.996	3.996	4.096	4.096	1.967	1.967	4.101	4.101
	JARAK PARSIAL (m)	0.38	1.00	1.95	1.00	0.00	0.30	0.38	1.00	1.88	1.00	0.00	0.30
JARAK KUMULATIF		0.00	0.38	1.30	3.25	4.25	4.55	0.00	0.38	1.30	3.10	4.10	4.40

SML
00300

POTONGAN MELINTANG

SML
00400

POTONGAN MELINTANG



Potongan Melintang Saluran Simolawang

Skala Horizontal 1:100

Skala Vertikal 1:100

JUDUL TUGAS AKHIR

**RENCANA OPERASI PENGENDALIAN
BANJIR DI KAWASAN SIMOKERTO
KOTA SURABAYA**

NAMA GAMBAR

Potongan Melintang
Saluran Simolawang

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. FX Didik Harijanto, CES
19590329 198811 1001**

NAMA MAHASISWA

**Anita Ratna Anggraeni
3116 0405 03**

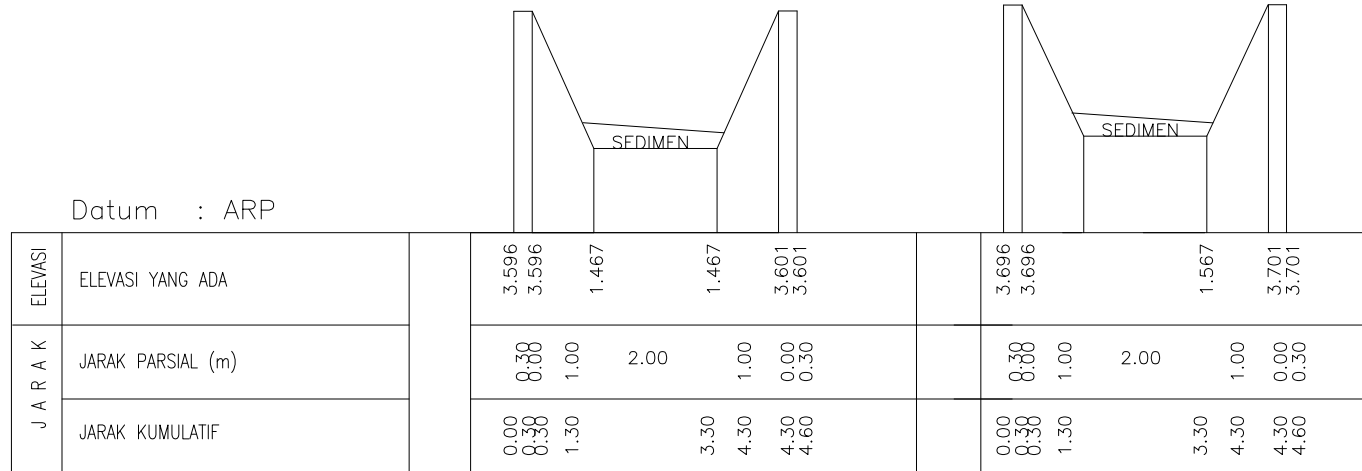
NO

14

JUMLAH

45

Datum : ARP



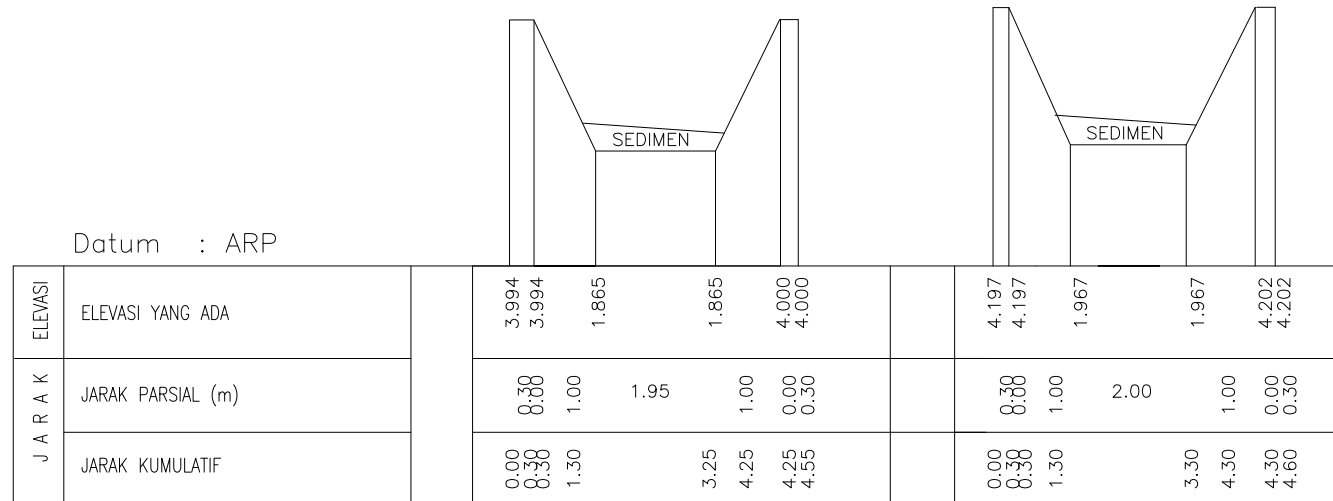
SML
00900

POTONGAN MELINTANG

SML
01000

POTONGAN MELINTANG

Datum : ARP

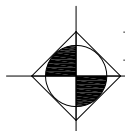


SML
01100

POTONGAN MELINTANG

SML
01200

POTONGAN MELINTANG



Potongan Melintang Saluran Simolawang

Skala Horizontal 1:100

Skala Vertikal 1:100

JUDUL TUGAS AKHIR

RENCANA OPERASI PENGENDALIAN BANJIR DI KAWASAN SIMOKERTO KOTA SURABAYA

NAMA GAMBAR

Potongan Memanjang
Saluran Sidodadi-
Simolawang

DOSEN PEMBIMBING

Ir. FX Didik Harijanto, CES
19590329 198811 1001

NAMA MAHASISWA

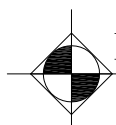
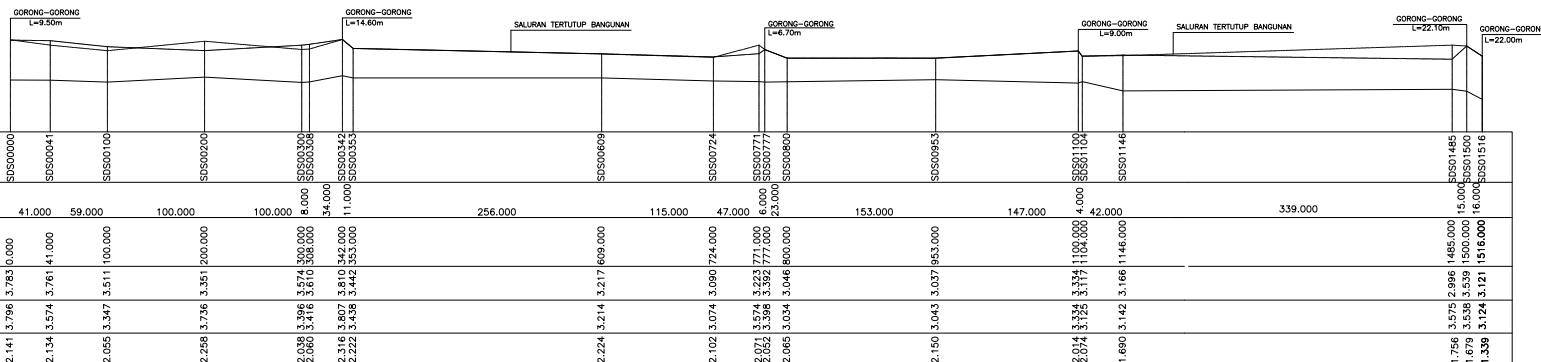
Anita Ratna Anggraeni
3116 0405 03

NO

JUMLAH

15

45



Potongan Memanjang Saluran Sidodadi-Simolawang

Skala Horizontal 1:500

Skala Vertikal 1:100

Sumber : Drainage Master Plan For Surabaya

SDS
00300

JUDUL TUGAS AKHIR

**RENCANA OPERASI
PENGENDALIAN
BANJIR DI KAWASAN
SIMOKERTO KOTA
SURABAYA**

NAMA GAMBAR

Potongan Melintang
Saluran Sidodadi
Simolawang

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. FX Didik Harijanto, CES
19590329 198811 1001**

NAMA MAHASISWA

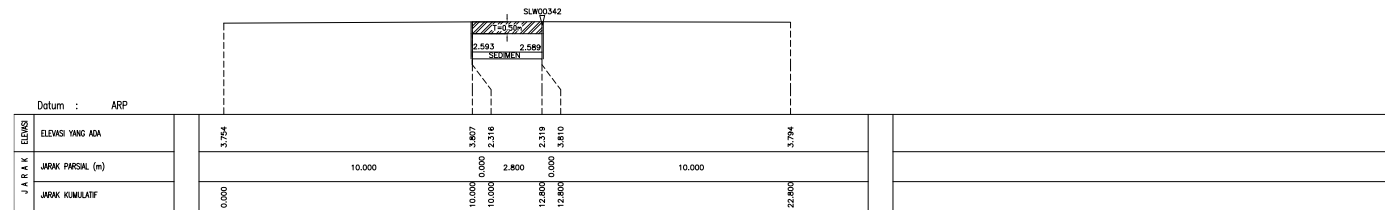
**Anita Ratna Anggraeni
3116 0405 03**

NO

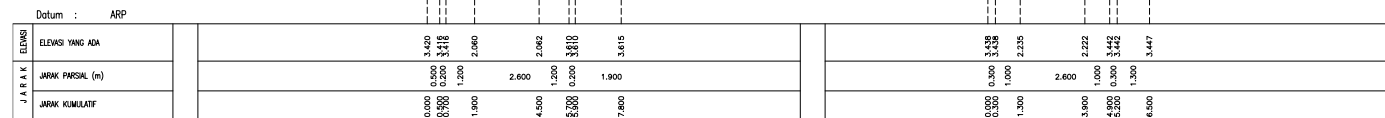
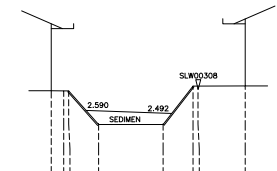
JUMLAH

17

45

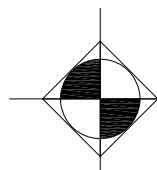
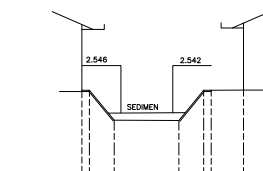


POTONGAN MELINTANG
SDS 00342



POTONGAN MELINTANG
SDS 00308

POTONGAN MELINTANG
SDS 00353



Potongan Melintang Saluran Sidodadi Simolawang

Skala Horizontal 1:100

Skala Vertikal 1:100

JUDUL TUGAS AKHIR

**RENCANA OPERASI
PENGENDALIAN
BANJIR DI KAWASAN
SIMOKERTO KOTA
SURABAYA**

NAMA GAMBAR

Potongan Melintang
Saluran Sidodadi
Simolawang

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. FX Didik Harijanto, CES
19590329 198811 1001**

NAMA MAHASISWA

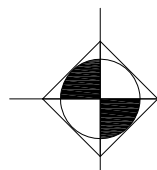
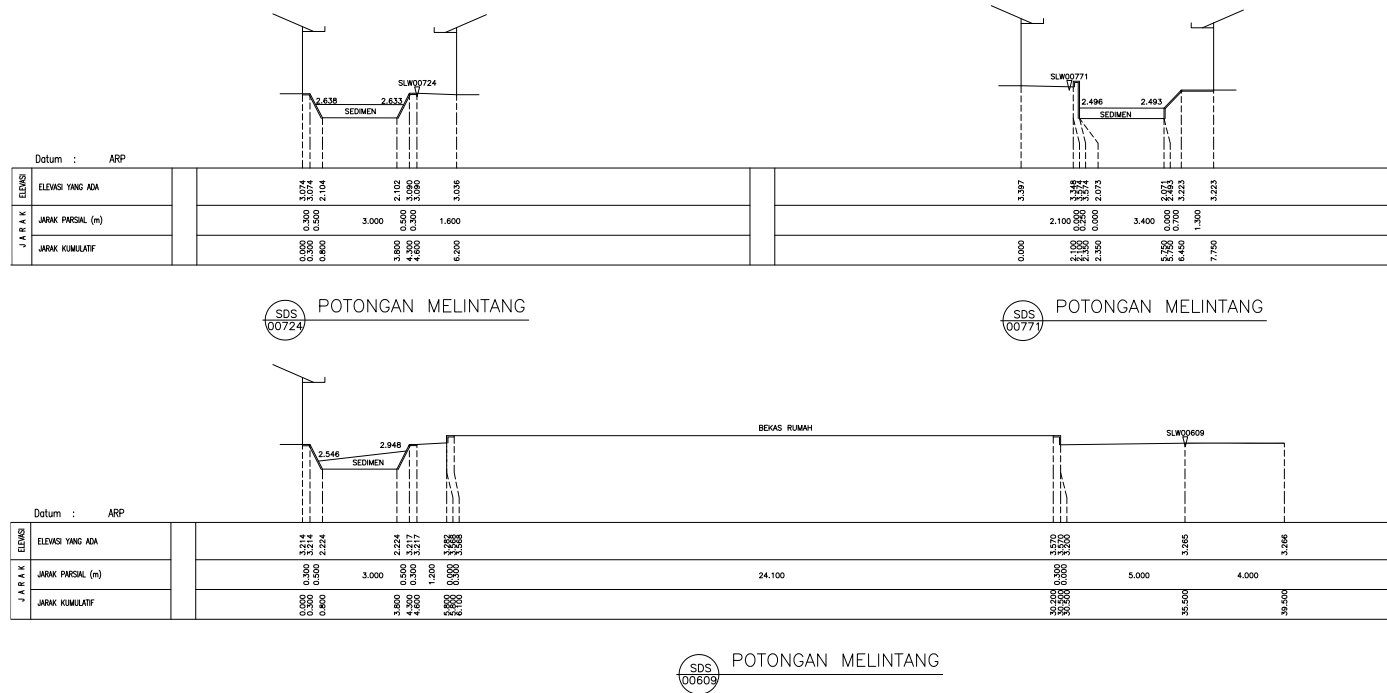
**Anita Ratna Anggraeni
3116 0405 03**

NO

JUMLAH

18

45



Potongan Melintang Saluran Sidodadi Simolawang

Skala Horizontal 1:100

Skala Vertikal 1:100

Sumber : Drainage Master Plan For Surabaya

JUDUL TUGAS AKHIR

**RENCANA OPERASI
PENGENDALIAN
BANJIR DI KAWASAN
SIMOKERTO KOTA
SURABAYA**

NAMA GAMBAR

Potongan Melintang
Saluran Sidodadi
Simolawang

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. FX Didik Harijanto, CES
19590329 198811 1001**

NAMA MAHASISWA

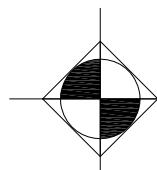
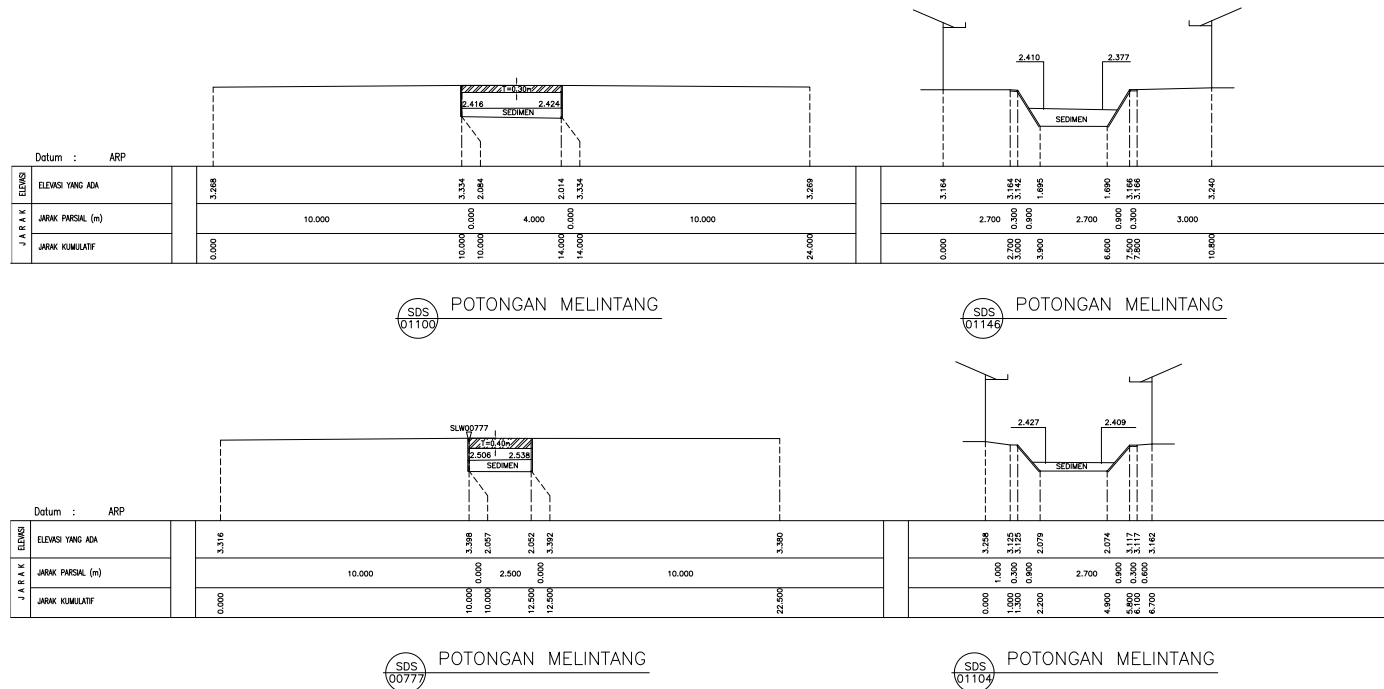
**Anita Ratna Anggraeni
3116 0405 03**

NO

JUMLAH

19

45



Potongan Melintang Saluran Sidodadi Simolawang

Skala Horizontal 1:100

Skala Vertikal 1:100

Sumber : Drainage Master Plan For Surabaya

JUDUL TUGAS AKHIR

**RENCANA OPERASI
PENGENDALIAN
BANJIR DI KAWASAN
SIMOKERTO KOTA
SURABAYA**

NAMA GAMBAR

Potongan Melintang
Saluran Sidodadi
Simolawang

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. FX Didik Harijanto, CES
19590329 198811 1001**

NAMA MAHASISWA

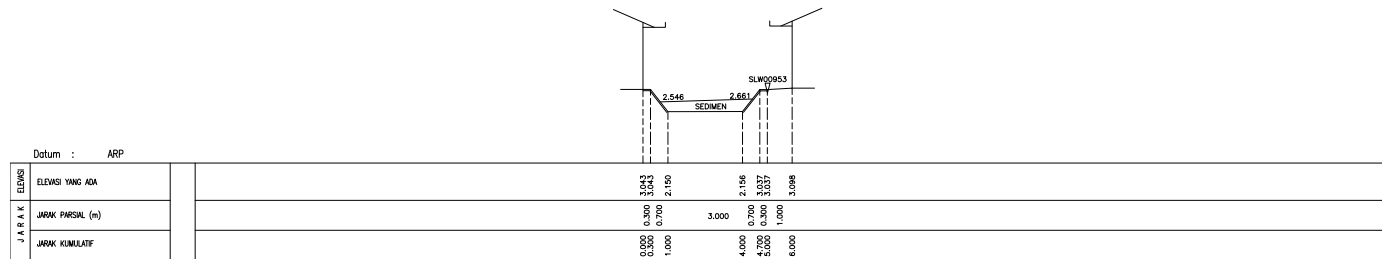
**Anita Ratna Anggraeni
3116 0405 03**

NO

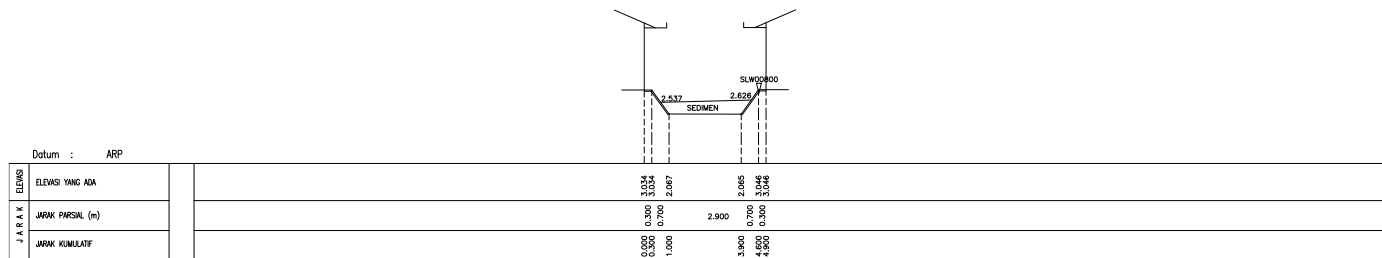
JUMLAH

20

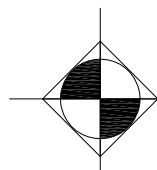
45



POTONGAN MELINTANG



POTONGAN MELINTANG



Potongan Melintang Saluran Sidodadi Simolawang

Skala Horizontal 1:100

Skala Vertikal 1:100

Sumber : Drainage Master Plan For Surabaya

JUDUL TUGAS AKHIR

**RENCANA OPERASI
PENGENDALIAN
BANJIR DI KAWASAN
SIMOKERTO KOTA
SURABAYA**

NAMA GAMBAR

Potongan Melintang
Saluran Sidodadi
Simolawang

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. FX Didik Harijanto, CES
19590329 198811 1001**

NAMA MAHASISWA

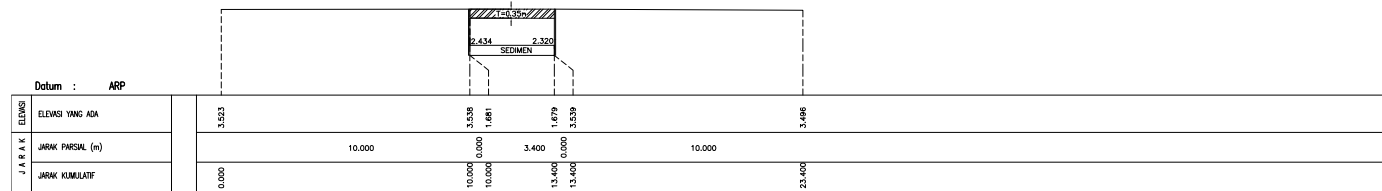
**Anita Ratna Anggraeni
3116 0405 03**

NO

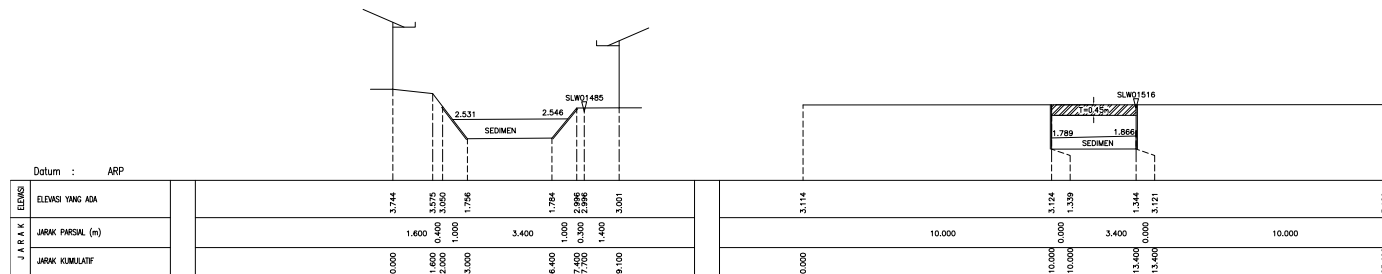
JUMLAH

21

45

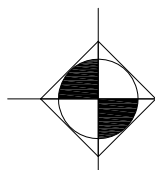


POTONGAN MELINTANG
SLW 01500



POTONGAN MELINTANG
SLW 01485

POTONGAN MELINTANG
SLW 01516



Potongan Melintang Saluran Sidodadi Simolawang

Skala Horizontal 1:100

Skala Vertikal 1:100

Sumber : Drainage Master Plan For Surabaya

JUDUL TUGAS AKHIR

**RENCANA OPERASI
PENGENDALIAN BANJIR DI
KAWASAN SIMOKERTO KOTA
SURABAYA**

NAMA GAMBAR

Potongan Memanjang
Saluran Gembong 3

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. FX Didik Harijanto, CES
19590329 198811 1001**

NAMA MAHASISWA

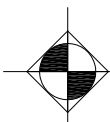
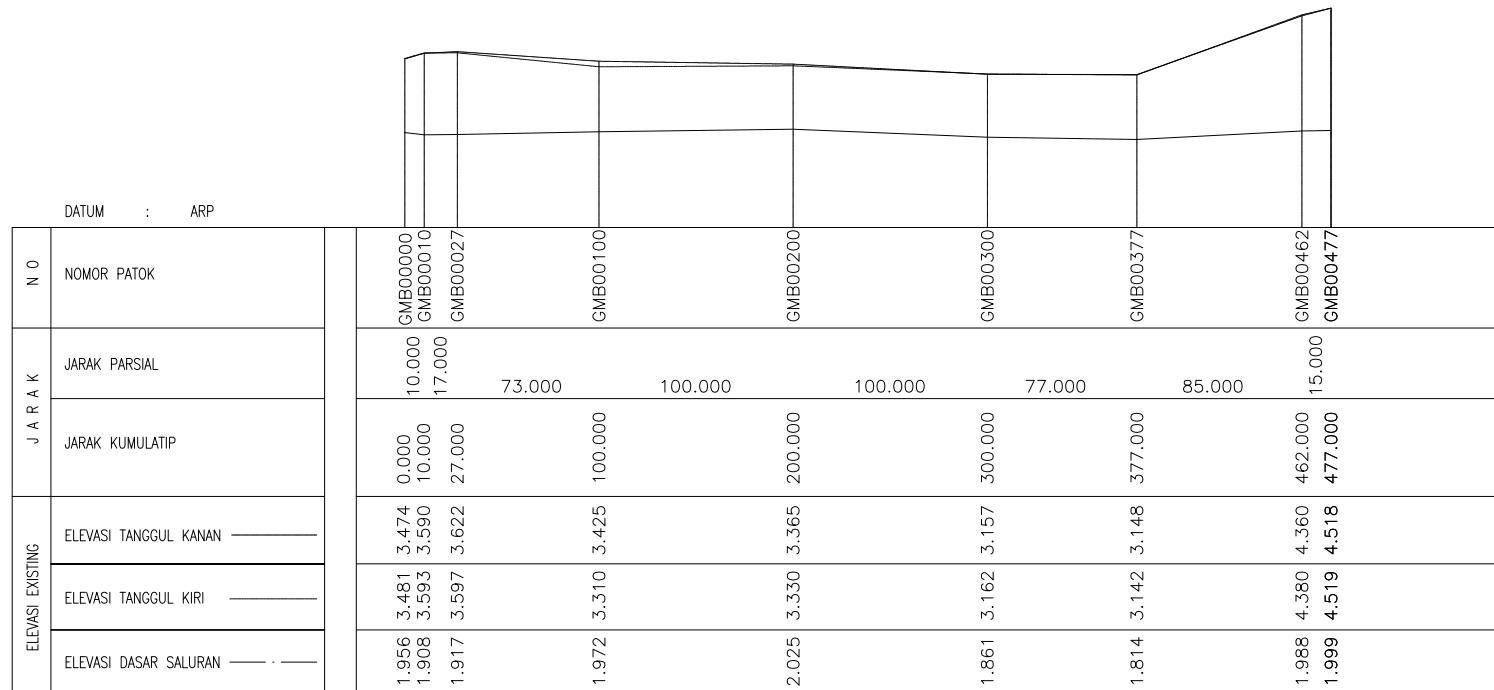
**Anita Ratna Anggraeni
3116 0405 03**

NO

JUMLAH

22

45



Potongan Memanjang Saluran Gembong 3

Skala Horizontal 1:125

Skala Vertikal 1:100

Sumber : Drainage Master Plan For Surabaya

JUDUL TUGAS AKHIR

**RENCANA OPERASI
PENGENDALIAN
BANJIR DI KAWASAN
SIMOKERTO KOTA
SURABAYA**

NAMA GAMBAR

Potongan Melintang
Saluran Gembong 3

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. FX Didik Harijanto, CES
19590329 198811 1001**

NAMA MAHASISWA

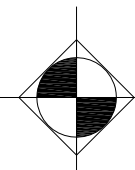
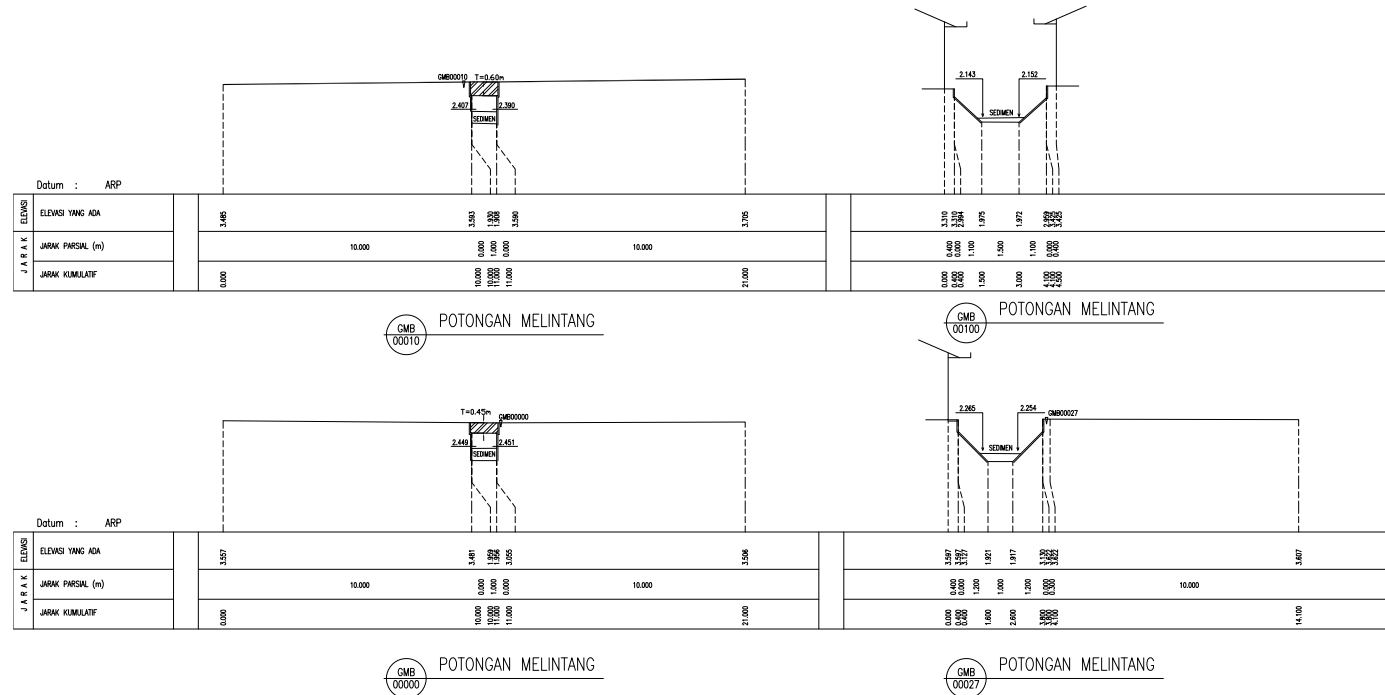
**Anita Ratna Anggraeni
3116 0405 03**

NO

JUMLAH

23

45



Potongan Melintang Saluran Gembong 3

Skala Horizontal 1:100

Skala Vertikal 1:100

Sumber : Drainage Master Plan For Surabaya

JUDUL TUGAS AKHIR

**RENCANA OPERASI
PENGENDALIAN
BANJIR DI KAWASAN
SIMOKERTO KOTA
SURABAYA**

NAMA GAMBAR

**Potongan Melintang
Saluran Gembong 3**

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. FX Didik Harijanto, CES
19590329 198811 1001**

NAMA MAHASISWA

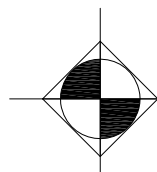
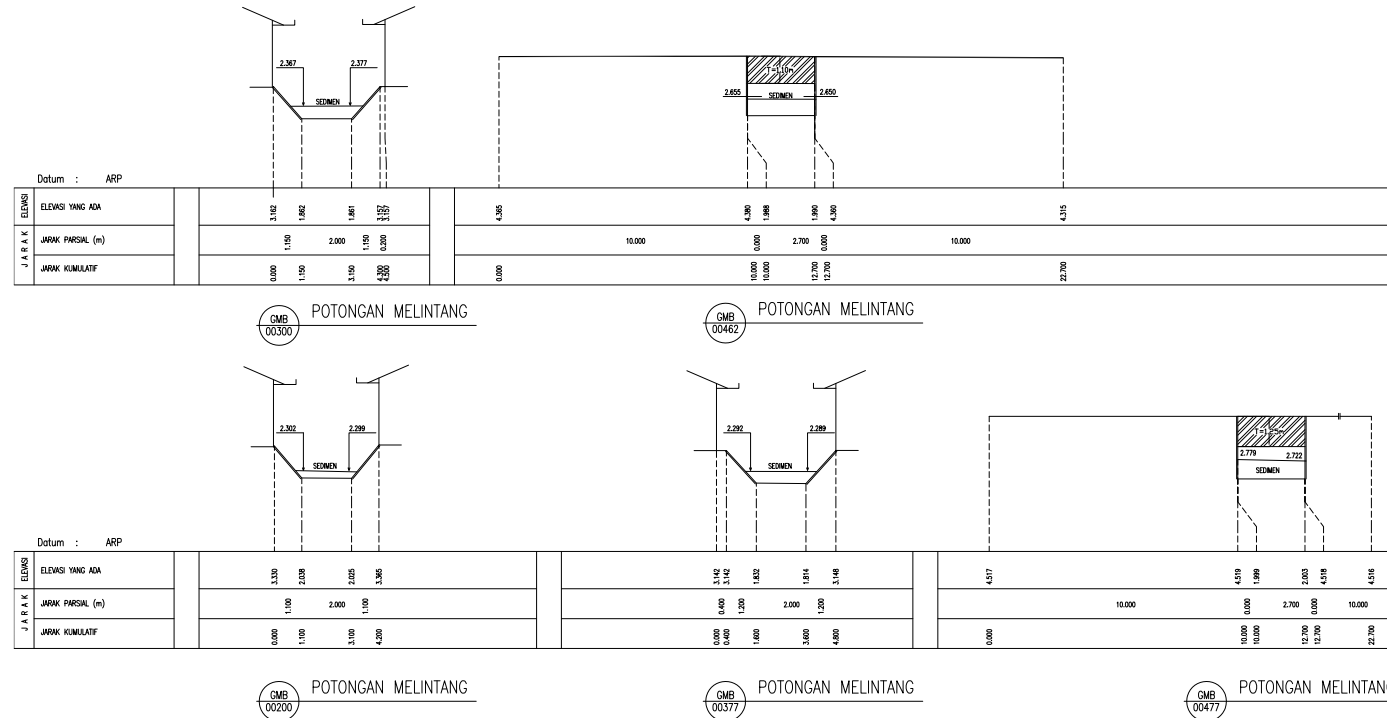
**Anita Ratna Anggraeni
3116 0405 03**

NO

JUMLAH

24

45



Potongan Melintang Saluran Gembong 3

Skala Horizontal 1:100

Skala Vertikal 1:100

Sumber : Drainage Master Plan For Surabaya

JUDUL TUGAS AKHIR

**RENCANA OPERASI
PENGENDALIAN BANJIR
DI KAWASAN SIMOKERTO
KOTA SURABAYA**

NAMA GAMBAR

Potongan Memanjang
Saluran Gembong

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. FX Didik Harijanto,CES
19590329 198811 1001**

NAMA MAHASISWA

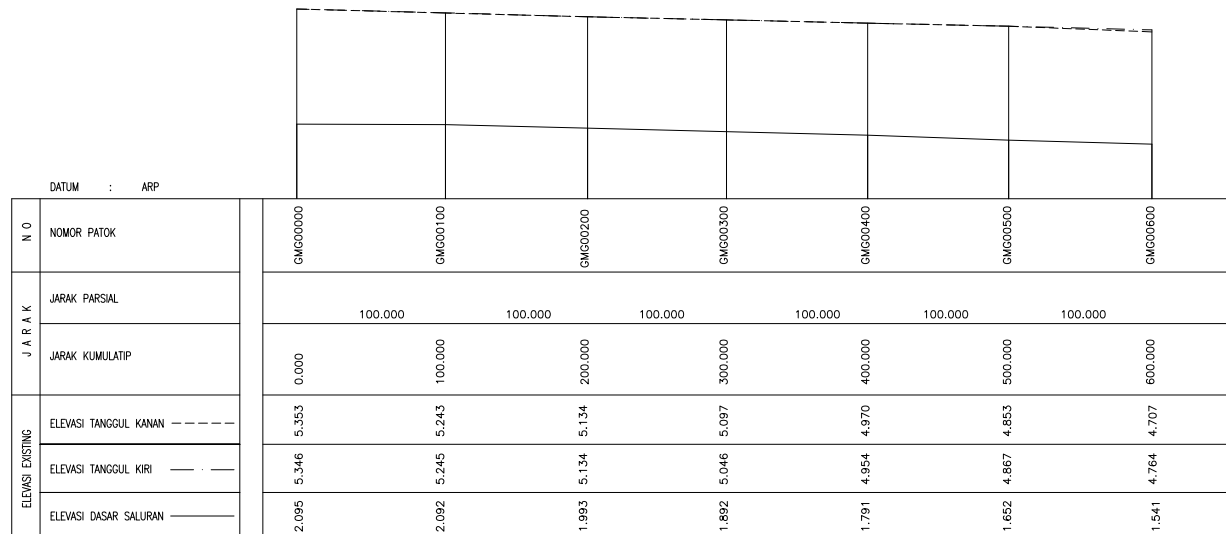
**Anita Ratna Anggraeni
3116 0405 03**

NO

JUMLAH

25

45



JUDUL TUGAS AKHIR

**RENCANA OPERASI PENGENDALIAN
BANJIR DI KAWASAN SIMOKERTO
KOTA SURABAYA**

NAMA GAMBAR

Potongan Melintang
Saluran Gembong

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. FX Didik Harijanto, CES
19590329 198811 1001**

NAMA MAHASISWA

**Anita Ratna Anggraeni
3116 0405 03**

NO

26

JUMLAH

45

Datum : ARP

ELEVASI	ELEVASI YANG ADA	5.243 5.243	2.092	2.092	5.245 5.245	5.134 5.134	1.993	1.993	5.134 5.134
J A R A K	JARAK PARSIAL (m)	0.30 0.30	1.00	2.00	1.00 0.00 0.30	0.30 0.30	1.00	2.00	1.00 0.00 0.30
J A R A K	JARAK KUMULATIF	0.00 0.30	1.30		3.30 4.30 4.60	0.00 0.30	1.30		3.30 4.30 4.60



POTONGAN MELINTANG



POTONGAN MELINTANG

Datum : ARP

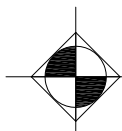
ELEVASI	ELEVASI YANG ADA	5.097 5.097	1.892	1.892	5.046 5.046	4.970 4.970	1.791	1.791	4.954 4.954
J A R A K	JARAK PARSIAL (m)	0.30 0.30	1.00	2.00	1.00 0.00 0.30	0.30 0.30	1.00	2.00	1.00 0.00 0.30
J A R A K	JARAK KUMULATIF	0.00 0.30	1.30		3.30 4.30 4.60	0.00 0.30	1.30		3.30 4.30 4.60



POTONGAN MELINTANG



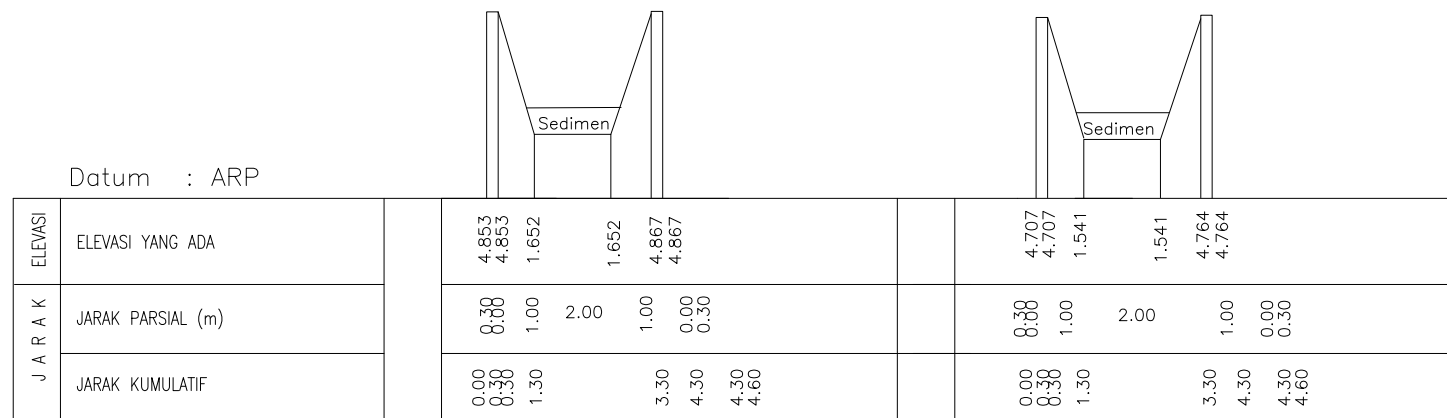
POTONGAN MELINTANG



Potongan Melintang Saluran Gembong

Skala Horizontal 1:100

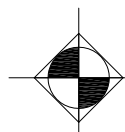
Skala Vertikal 1:100



POTONGAN MELINTANG



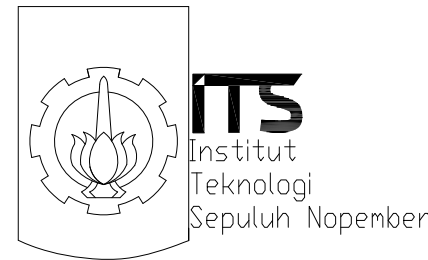
POTONGAN MELINTANG



Potongan Melintang Saluran Gembong

Skala Horizontal 1:100

Skala Vertikal 1:100



JUDUL TUGAS AKHIR

**RENCANA OPERASI PENGENDALIAN
BANJIR DI KAWASAN SIMOKERTO
KOTA SURABAYA**

NAMA GAMBAR

Potongan Melintang
Saluran Gembong

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. FX Didik Harijanto, CES
19590329 198811 1001**

NAMA MAHASISWA

**Anita Ratna Anggraeni
3116 0405 03**

NO

JUMLAH

27

45

JUDUL TUGAS AKHIR

**RENCANA OPERASI
PENGENDALIAN BANJIR
DI KAWASAN SIMOKERTO
KOTA SURABAYA**

NAMA GAMBAR

Potongan Memanjang
Saluran Kalisari 2

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. FX Didik Harijanto,CES
19590329 198811 1001**

NAMA MAHASISWA

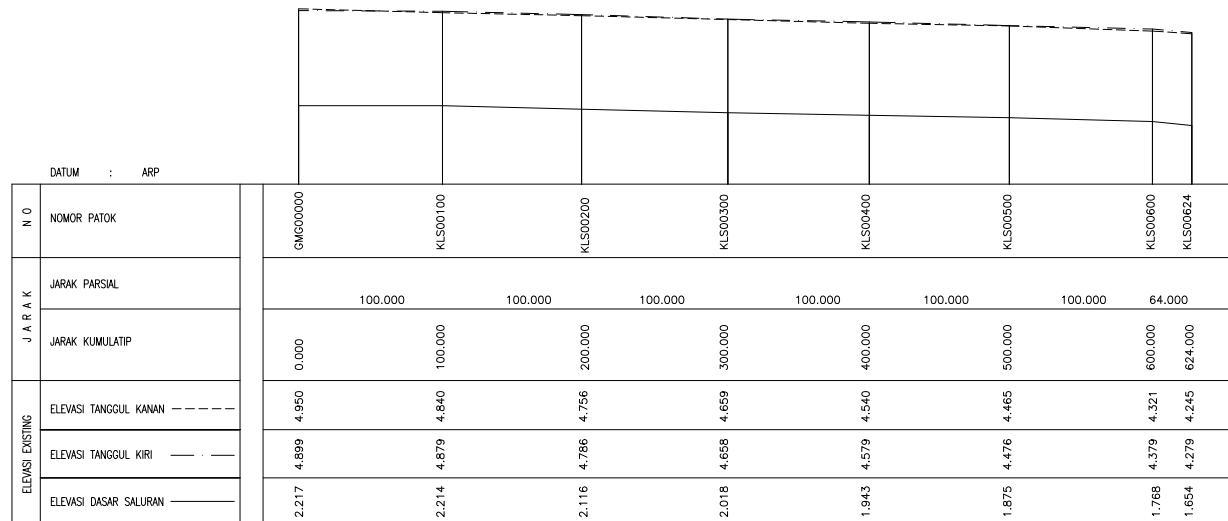
**Anita Ratna Anggraeni
3116 0405 03**

NO

JUMLAH

28

45



JUDUL TUGAS AKHIR

**RENCANA OPERASI PENGENDALIAN
BANJIR DI KAWASAN SIMOKERTO
KOTA SURABAYA**

NAMA GAMBAR

Potongan Melintang
Saluran Kalisari 2

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. FX Didik Harijanto, CES
19590329 198811 1001**

NAMA MAHASISWA

**Anita Ratna Anggraeni
3116 0405 03**

NO

JUMLAH

29

45

Datum : ARP

ELEVASI	ELEVASI YANG ADA	4.840 4.840 2.214	2.214 4.879 4.879	4.756 4.756 2.116	2.116 4.789 4.789
J A R A K	JARAK PARSIAL (m)	0.30 0.40 2.20	0.40 0.00 0.30	0.30 0.40 2.20	0.40 0.00 0.30
J A R A K	JARAK KUMULATIF	0.00 0.30 0.70	2.90 3.30 3.60	0.00 0.30 0.70	2.90 3.30 3.60

KLS
00100 POTONGAN MELINTANG

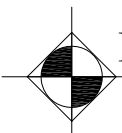
KLS
00200 POTONGAN MELINTANG

Datum : ARP

ELEVASI	ELEVASI YANG ADA	4.659 4.659 2.018	2.018 4.658 4.658	4.540 4.540 1.943	1.943 4.579 4.579
J A R A K	JARAK PARSIAL (m)	0.30 0.40 2.20	0.40 0.00 0.30	0.30 0.40 2.20	0.40 0.00 0.30
J A R A K	JARAK KUMULATIF	0.00 0.30 0.70	2.90 3.30 3.60	0.00 0.30 0.70	2.90 3.30 3.60

KLS
00300 POTONGAN MELINTANG

KLS
00400 POTONGAN MELINTANG



Potongan Melintang Saluran Kalisari 2

Skala Horizontal 1:100

Skala Vertikal 1:75

JUDUL TUGAS AKHIR

**RENCANA OPERASI PENGENDALIAN
BANJIR DI KAWASAN SIMOKERTO
KOTA SURABAYA**

NAMA GAMBAR

Potongan Melintang
Saluran Kalisari 2

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. FX Didik Harijanto, CES
19590329 198811 1001**

NAMA MAHASISWA

**Anita Ratna Anggraeni
3116 0405 03**

NO

JUMLAH

30

45

Datum : ARP

ELEVASI	ELEVASI YANG ADA	4.756 4.756 2.116	2.116 4.789 4.789	4.321 4.321 1.768	1.768 4.379 4.379
J A R A K	JARAK PARSIAL (m)	0.30 0.40 2.20	0.40 0.00 0.30	0.30 0.40 2.20	0.40 0.00 0.30
J A R A K	JARAK KUMULATIF	0.00 0.30 0.70	2.90 3.30 3.60	0.00 0.30 0.70	2.90 3.30 3.60

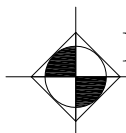
KLS
00500 POTONGAN MELINTANG

SML
00600 POTONGAN MELINTANG

Datum : ARP

ELEVASI	ELEVASI YANG ADA	4.245 4.245 1.645	1.645 4.279 4.279
J A R A K	JARAK PARSIAL (m)	0.30 0.40 2.20	0.40 0.00 0.30
J A R A K	JARAK KUMULATIF	0.00 0.30 0.70	2.90 3.30 3.60

KLS
00624 POTONGAN MELINTANG



Potongan Melintang Saluran Kalisari 2

Skala Horizontal 1:100

Skala Vertikal 1:100

JUDUL TUGAS AKHIR

**RENCANA OPERASI
PENGENDALIAN BANJIR
DI KAWASAN SIMOKERTO
KOTA SURABAYA**

NAMA GAMBAR

Potongan Memanjang
Saluran Kemuning

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. FX Didik Harijanto, CES
19590329 198811 1001**

NAMA MAHASISWA

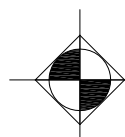
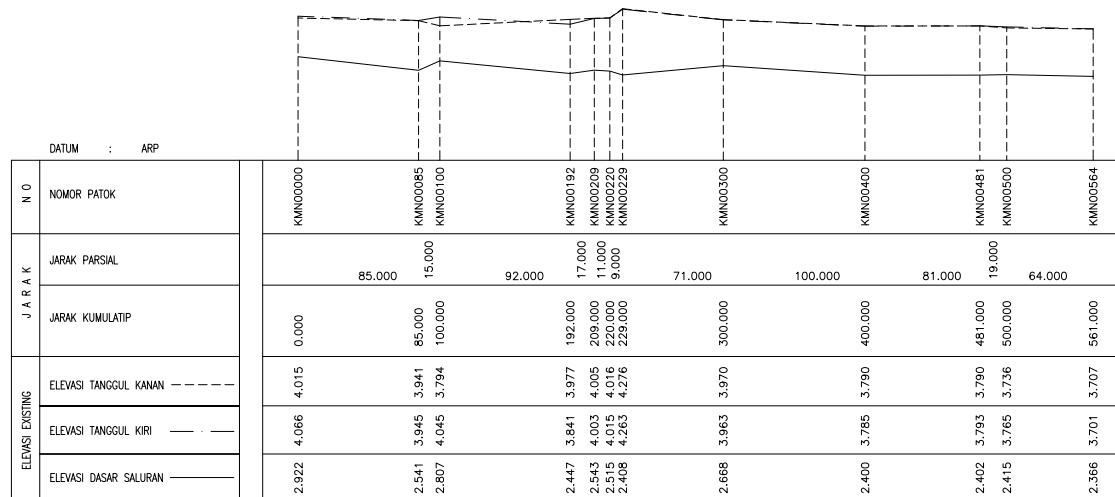
**Anita Ratna Anggraeni
3116 0405 03**

NO

JUMLAH

31

45



Potongan Memanjang Saluran Kemuning

Skala Horizontal 1:2500

Skala Vertikal 1:100

Sumber : Drainage Master Plan For Surabaya

JUDUL TUGAS AKHIR

**RENCANA OPERASI
PENGENDALIAN BANJIR
DI KAWASAN SIMOKERTO
KOTA SURABAYA**

NAMA GAMBAR

Potongan Melintang
Saluran Kemuning

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. FX Didik Harijanto,CES
19590329 198811 1001**

NAMA MAHASISWA

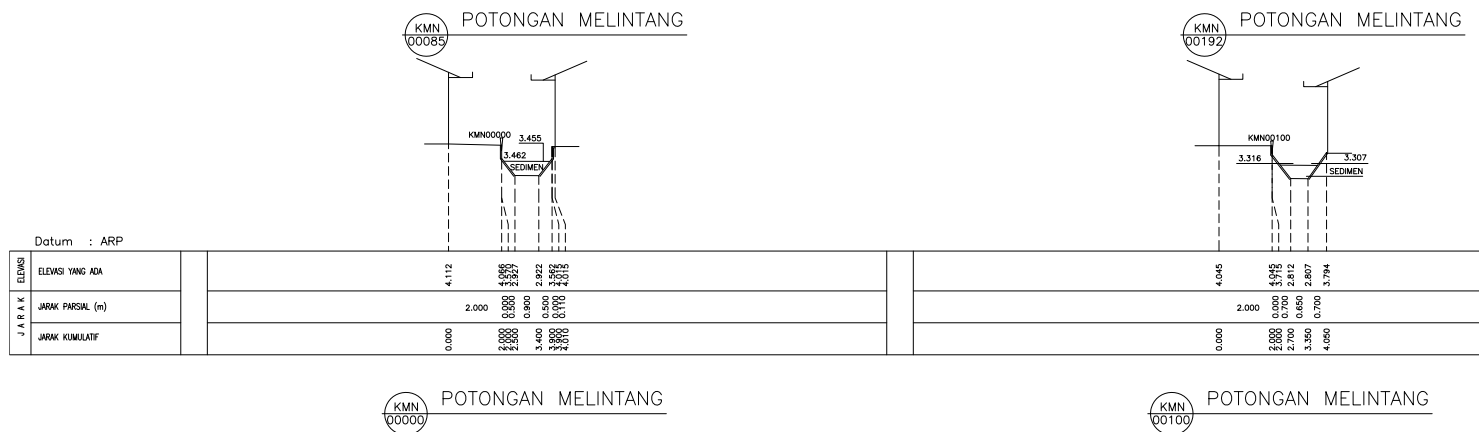
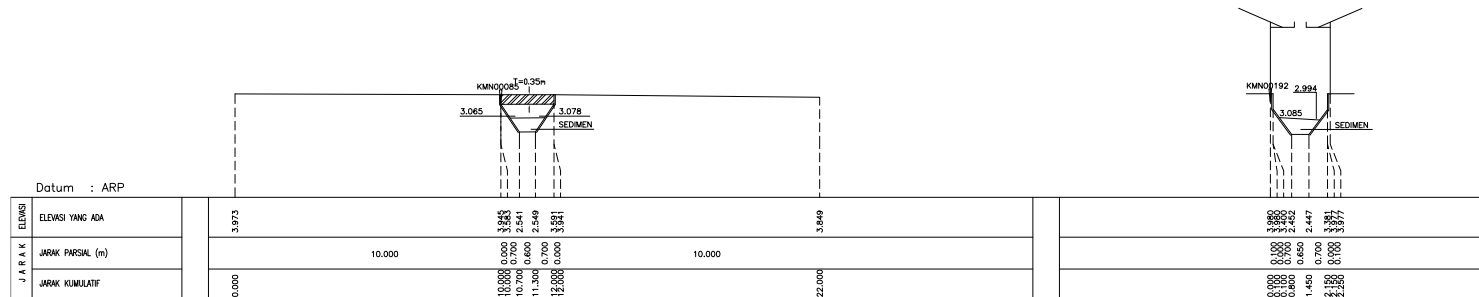
**Anita Ratna Anggraeni
3116 0405 03**


NO

JUMLAH

32

45



 Potongan Melintang Saluran Kemuning
Skala Horizontal 1:100
Skala Vertikal 1:100

Sumber : Drainage Master Plan For Surabaya

Sumber : Drainage Master Plan For Surabaya

JUDUL TUGAS AKHIR

**RENCANA OPERASI PENGENDALIAN
BANJIR DI KAWASAN SIMOKERTO
KOTA SURABAYA**

NAMA GAMBAR

Potongan Melintang
Saluran Sawah Pulo

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. FX Didik Harijanto, CES
19590329 198811 1001**

NAMA MAHASISWA

**Anita Ratna Anggraeni
3116 0405 03**

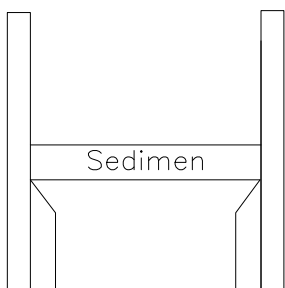
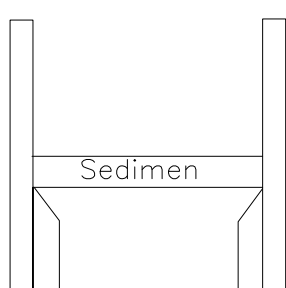
NO

35

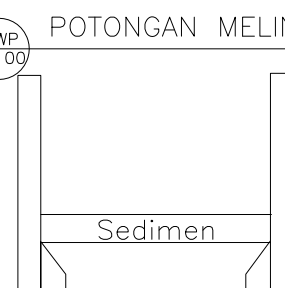
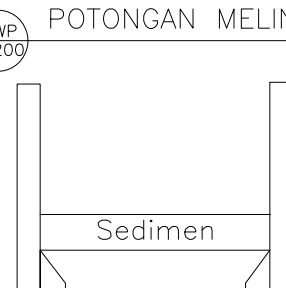
JUMLAH

45

Datum : ARP

J A R A K	ELEVASI								
	ELEVASI YANG ADA	3.671	3.671	1.487		1.487	3.695	3.695	
	JARAK PARSIAL (m)	0.30		3.00		0.00	0.30		
	JARAK KUMULATIF	0.00	0.30	3.30		3.30	3.60		

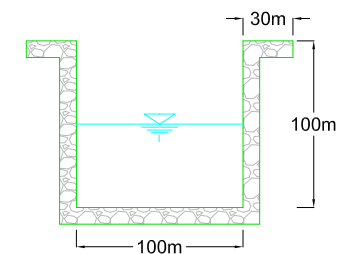
Datum : ARP

									
J A R A K	ELEVASI	3.468	3.468	1.287		1.287	3.497	3.497	
	JARAK PARSIAL (m)	0.30		3.00		0.00	0.30		
	JARAK KUMULATIF	0.00	0.30	3.30		3.30	3.60		

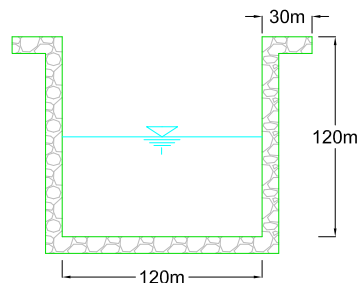
Potongan Melintang Saluran Sawah Pulo

Skala Horizontal 1:100

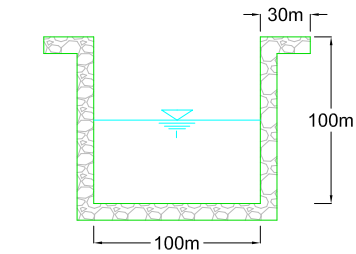
Skala Vertikal 1:50



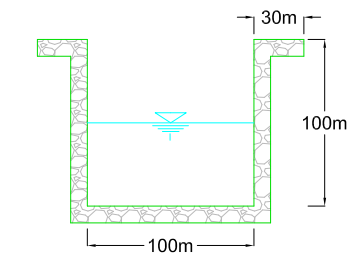
Saluran Sedap Malam
Skala 1:100



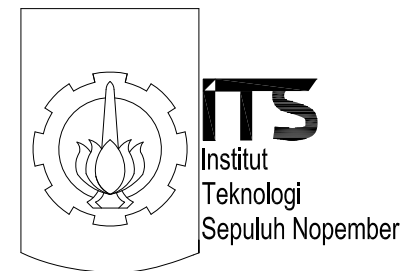
Saluran Ambengan Batu
Skala 1:100



Saluran Puduk
Skala 1:100



Saluran Jaksa Agung
Suprpto 1
Skala 1:100



JUDUL TUGAS AKHIR

**RENCANA OPERASI
PENGENDALIAN BANJIR
DI KAWASAN SIMOKERTO
KOTA SURABAYA**

NAMA GAMBAR

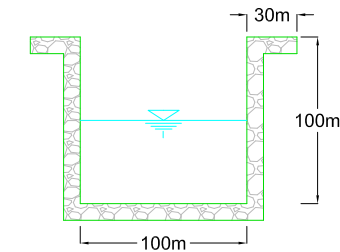
**Potongan Melintang
Saluran Tersier**

DOSEN PEMBIMBING

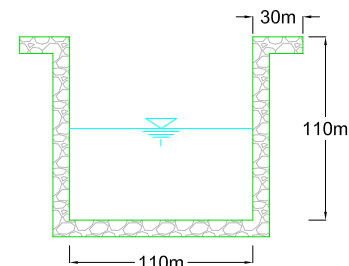
**Ir. FX Didik Harijanto, CES
19590329 198811 1001**

NAMA MAHASISWA

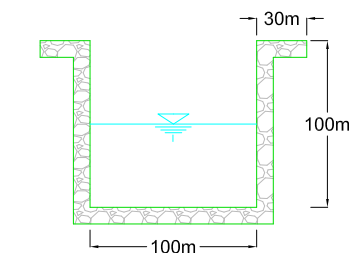
**Anita Ratna Anggraeni
3116 0405 03**



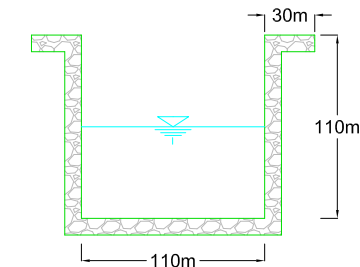
Saluran Kusuma Bangsa
Skala 1:100



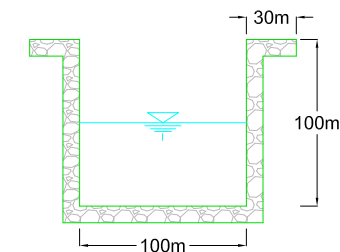
Saluran Ngagik
Skala 1:100



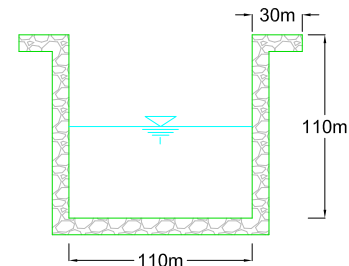
Saluran Kalisari
Skala 1:100



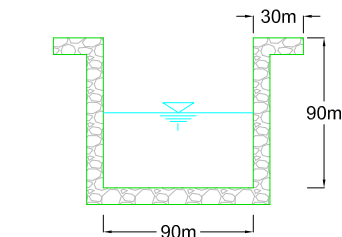
Saluran Telasih
Skala 1:100



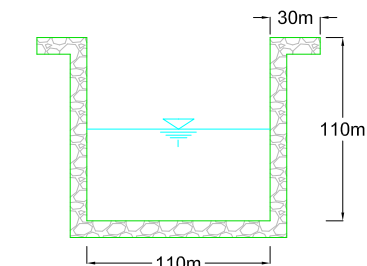
Saluran Kaliyanyar
Skala 1:100



Saluran Kaliyanyar Wetan
Skala 1:100



Saluran Pengampon
Skala 1:100



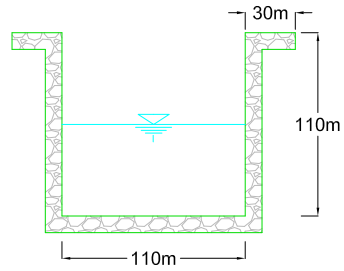
Saluran Kaliyanyar Pasar
Skala 1:100

NO

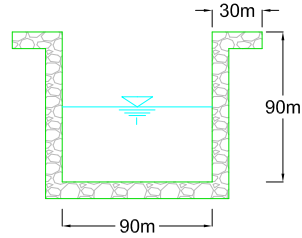
JUMLAH

36

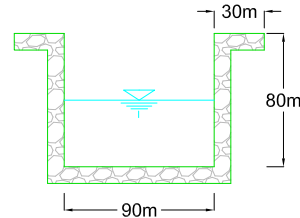
45



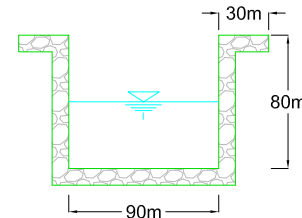
Saluran Kapasari
Skala 1:100



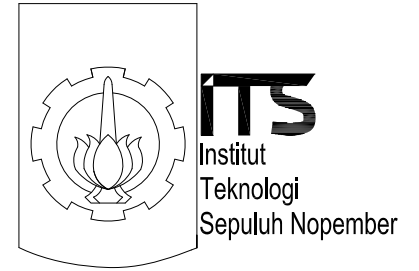
Saluran Kapasari 1
Skala 1:100



Saluran Stasiun kota
Skala 1:100



Saluran Jalan Samudra
Skala 1:100



JUDUL TUGAS AKHIR

**RENCANA OPERASI
PENGENDALIAN BANJIR
DI KAWASAN SIMOKERTO
KOTA SURABAYA**

NAMA GAMBAR

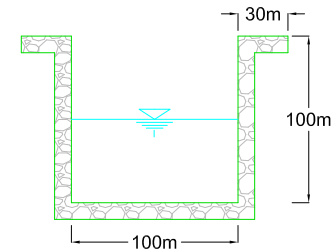
**Potongan Melintang
Saluran Tersier**

DOSEN PEMBIMBING

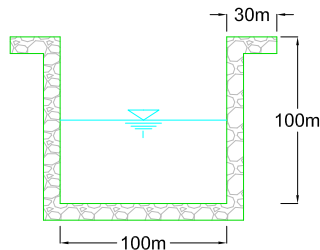
**Ir. FX Didik Harijanto, CES
19590329 198811 1001**

NAMA MAHASISWA

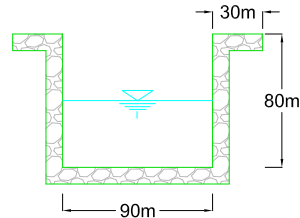
**Anita Ratna Anggraeni
3116 0405 03**



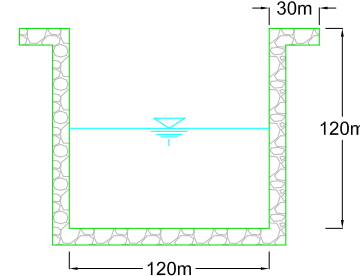
Saluran Kembang Jepun
Skala 1:100



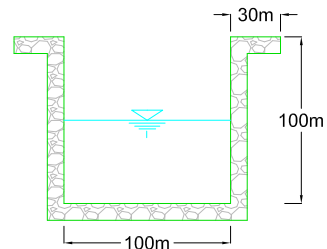
Saluran Pasar Dukuh
Skala 1:100



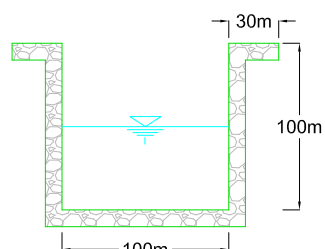
Saluran Ketapang
Skala 1:100



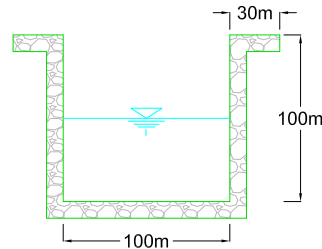
Saluran Nyampulungan
Skala 1:100



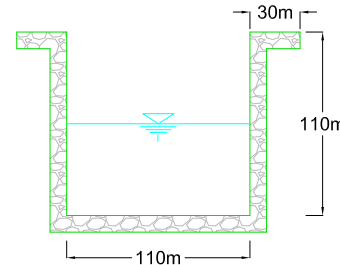
Saluran Petukangan Tengah 1
Skala 1:100



Saluran Nyamplungan
Balokan
Skala 1:100



Saluran Danakarya Lor
Skala 1:100



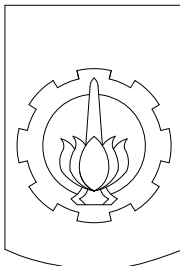
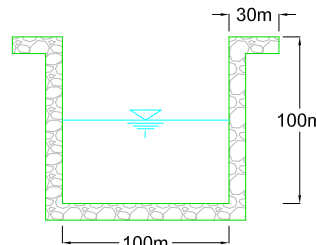
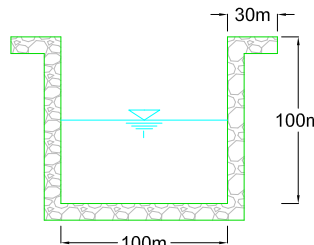
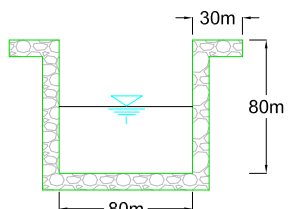
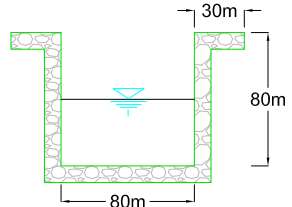
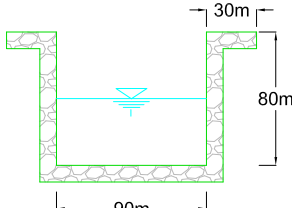
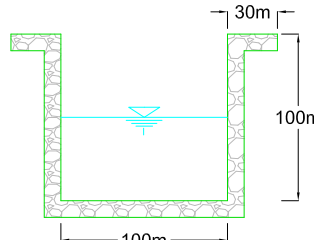
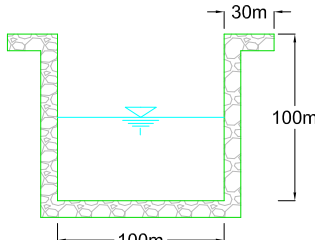
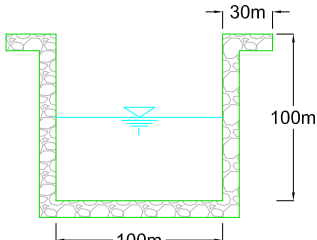
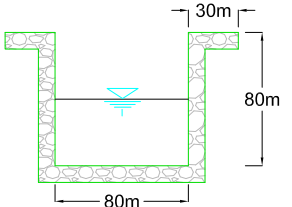
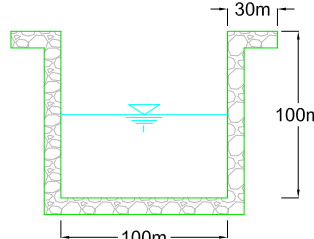
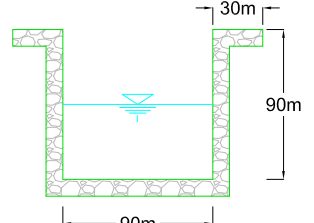
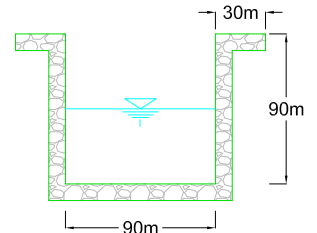
Saluran Banteng Miring 1
Skala 1:100

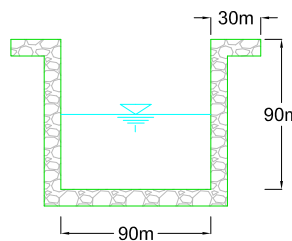
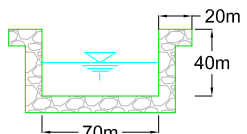
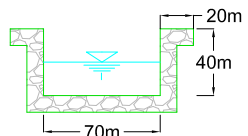
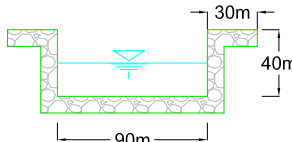
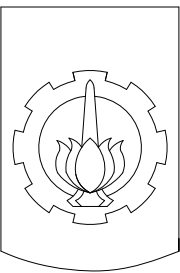
NO

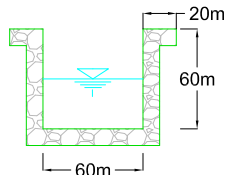
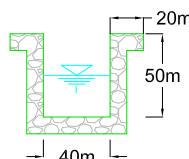
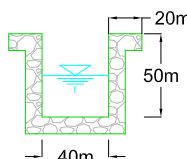
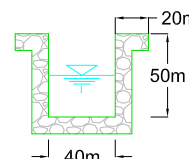
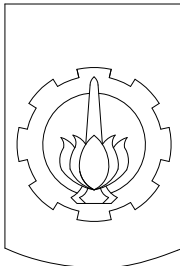
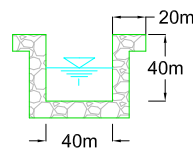
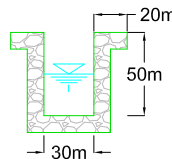
JUMLAH

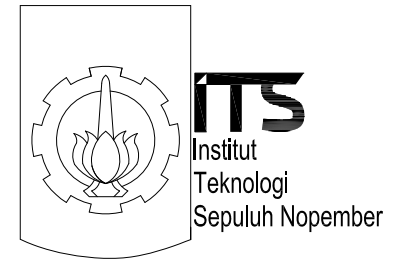
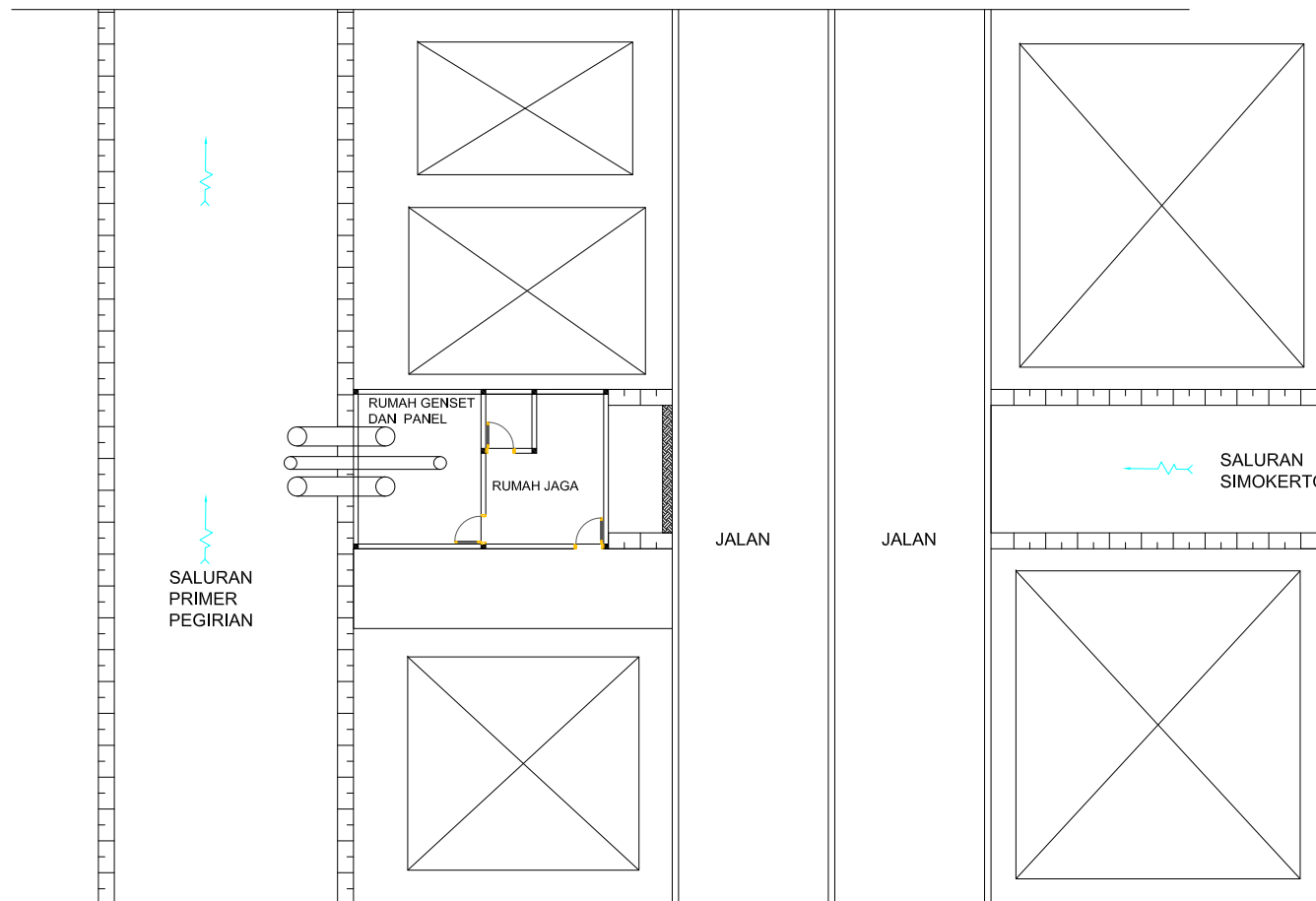
37

45

<div><div>ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div></div>				JUDUL TUGAS AKHIR	
RENCANA OPERASI PENGENDALIAN BANJIR DI KAWASAN SIMOKERTO KOTA SURABAYA					
NAMA GAMBAR					
Potongan Melintang Saluran Tersier					
DOSEN PEMBIMBING					
Ir. FX Didik Harijanto,CES 19590329 198811 1001					
NAMA MAHASISWA					
Anita Ratna Anggraeni 3116 0405 03					
<div></div> <div>Saluran Komp. Hangtuah Skala 1:100</div>	<div></div> <div>Saluran Swah Pulo Kulon Skala 1:100</div>	<div></div> <div>Saluran Karang Tembok 1 Skala 1:100</div>	<div></div> <div>Saluran Jalan Sawah Skala 1:100</div>		
<div></div> <div>Saluran Sidorame Batu Skala 1:100</div>	<div></div> <div>Saluran Kebon Dalem 2 Skala 1:100</div>	<div></div> <div>Saluran Kebon Dalem 1 Skala 1:100</div>	<div></div> <div>Saluran Srenggahan Skala 1:100</div>		
<div></div> <div>Saluran Sidodadi Kulon 1 Skala 1:100</div>	<div></div> <div>Saluran Kapasan Dalam Skala 1:100</div>	<div></div> <div>Saluran Gembong Sawah Barat Skala 1:100</div>	<div></div> <div>Saluran Gembong Sawah Skala 1:100</div>		
NO		JUMLAH			
38		45			

 <p>Saluran Gembong Sekolah Skala 1:100</p>	 <p>Saluran Donokerto 3 Skala 1:100</p>	 <p>Saluran Donokerto 6 Skala 1:100</p>	 <p>Saluran Donokerto 1 Skala 1:100</p>	<div><div>ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div></div>	
JUDUL TUGAS AKHIR					
RENCANA OPERASI PENGENDALIAN BANJIR DI KAWASAN SIMOKERTO KOTA SURABAYA					
NAMA GAMBAR					
Potongan Melintang Saluran Tersier					
DOSEN PEMBIMBING					
Ir. FX Didik Harijanto,CES 19590329 198811 1001					
NAMA MAHASISWA					
Anita Ratna Anggraeni 3116 0405 03					
NO		JUMLAH			
39		45			

 <p>Saluran Simolawang 1 Skala 1:100</p>	 <p>Saluran Simolawang 2 Skala 1:100</p>	 <p>Saluran Sencaki 1 Skala 1:100</p>	 <p>Saluran Pragoto Skala 1:100</p>	<div><div>ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div></div>		
				JUDUL TUGAS AKHIR		
				RENCANA OPERASI PENGENDALIAN BANJIR DI KAWASAN SIMOKERTO KOTA SURABAYA		
				NAMA GAMBAR		
				Potongan Melintang Saluran Tersier		
				DOSEN PEMBIMBING		
				Ir. FX Didik Harijanto,CES 19590329 198811 1001		
				NAMA MAHASISWA		
				Anita Ratna Anggraeni 3116 0405 03		
 <p>Saluran Dipo Sidotopo Skala 1:100</p>	 <p>Saluran Sidotopo Jaya 15 Skala 1:100</p>		 <p>Saluran Makam Pegirian Skala 1:100</p>		NO	JUMLAH
				40	45	



JUDUL TUGAS AKHIR

**RENCANA OPERASI
PENGENDALIAN BANJIR
DI KAWASAN SIMOKERTO
KOTA SURABAYA**

NAMA GAMBAR

**Tampak Atas Rencana
Rumah Pompa Saluran
Simokerto**

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. FX Didik Harijanto, CES
19590329 198811 1001**

NAMA MAHASISWA

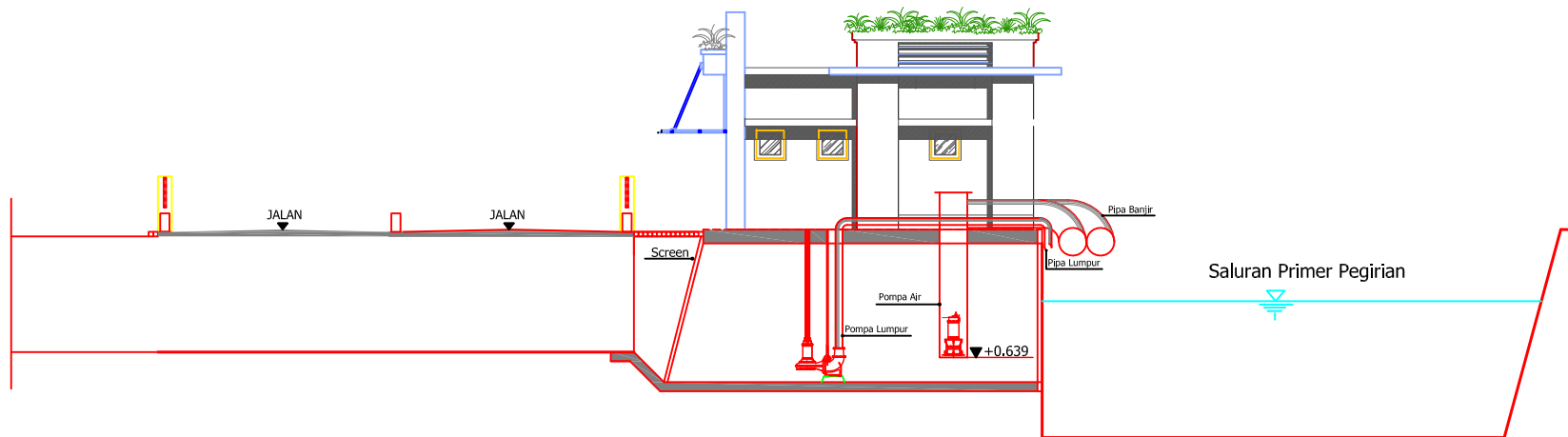
**Anita Ratna Anggraeni
3116 0405 03**

NO

JUMLAH

41

45



JUDUL TUGAS AKHIR

**RENCANA OPERASI
PENGENDALIAN BANJIR
DI KAWASAN SIMOKERTO
KOTA SURABAYA**

NAMA GAMBAR

**Tampak Samping Rencana
Rumah Pompa Saluran
Simokerto**

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. FX Didik Harijanto, CES
19590329 198811 1001**

NAMA MAHASISWA

**Anita Ratna Anggraeni
3116 0405 03**

NO

JUMLAH

42

45

JUDUL TUGAS AKHIR

**RENCANA OPERASI
 PENGENDALIAN BANJIR
 DI KAWASAN SIMOKERTO
 KOTA SURABAYA**

NAMA GAMBAR

Tampak Atas Rencana
 Rumah Pompa Saluran
 Sidodadi-Simolawang

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. FX Didik Harijanto,CES
 19590329 198811 1001**

NAMA MAHASISWA

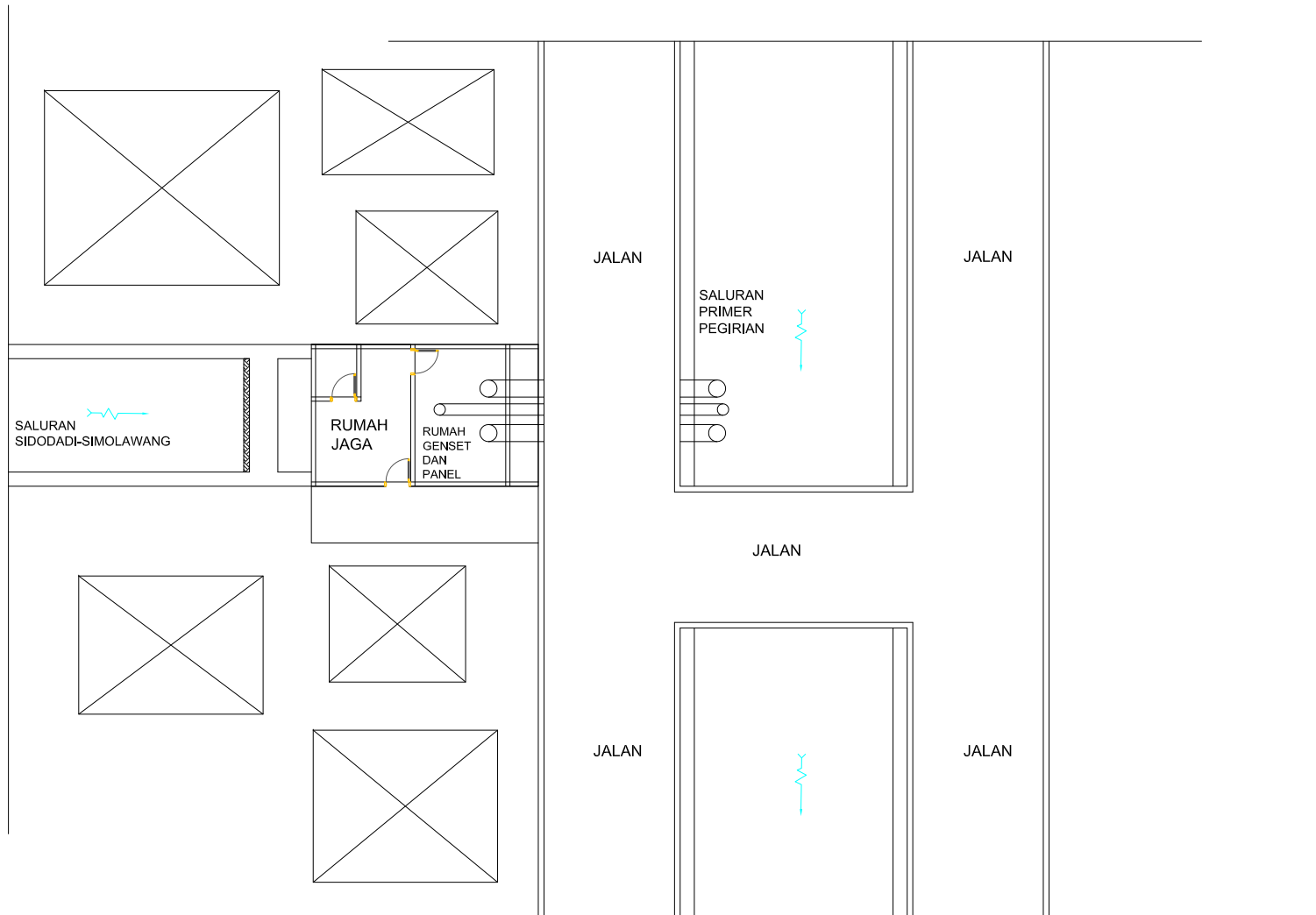
**Anita Ratna Anggraeni
 3116 0405 03**

NO

JUMLAH

43

45



JUDUL TUGAS AKHIR

**RENCANA OPERASI
PENGENDALIAN BANJIR
DI KAWASAN SIMOKERTO
KOTA SURABAYA**

NAMA GAMBAR

Tampak Samping Rencana
Rumah Pompa Saluran
Sidodadi-Simolawang

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. FX Didik Harijanto,CES
19590329 198811 1001**

NAMA MAHASISWA

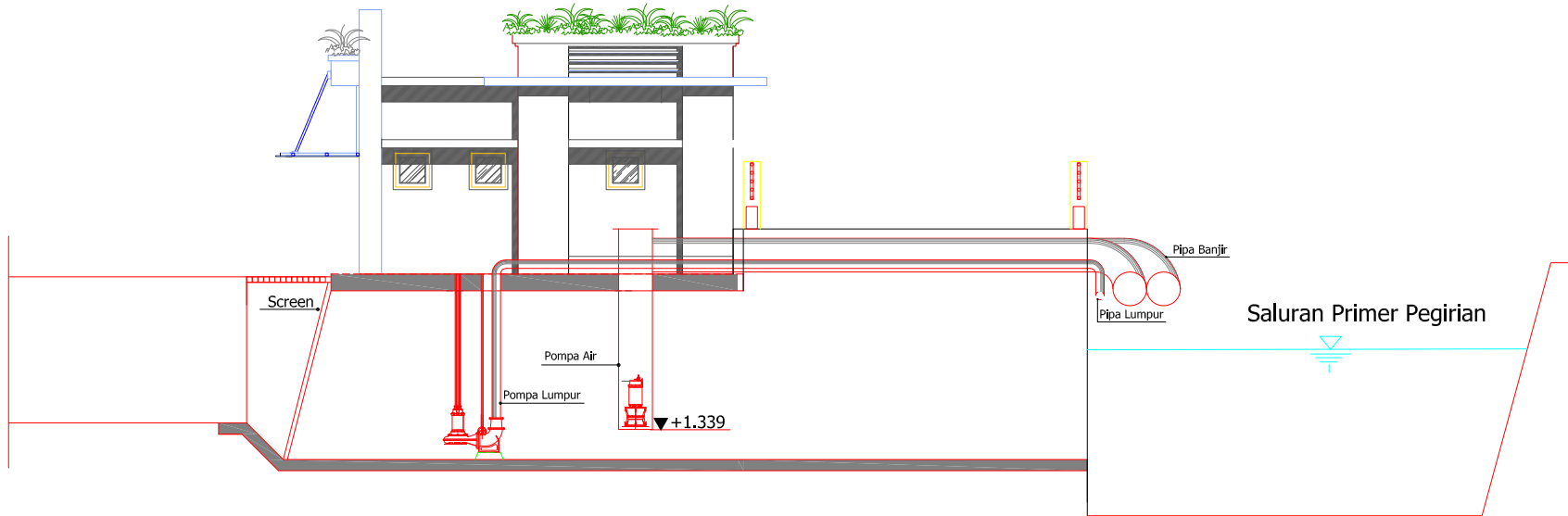
**Anita Ratna Anggraeni
3116 0405 03**

NO

JUMLAH

44

45



JUDUL TUGAS AKHIR

**RENCANA OPERASI
PENGENDALIAN BANJIR
DI KAWASAN SIMOKERTO
KOTA SURABAYA**

NAMA GAMBAR

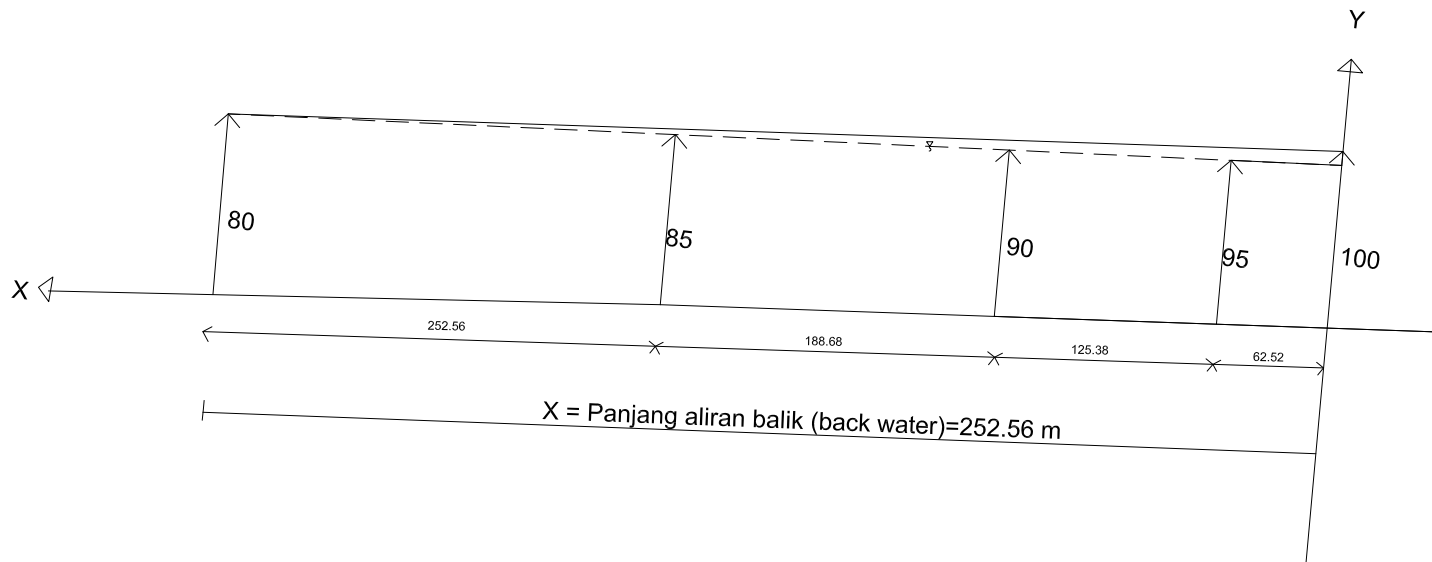
Profil Aliran Balik
pada Saluran Primer
Pegirian

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. FX Didik Harijanto, CES
19590329 198811 1001**

NAMA MAHASISWA

**Anita Ratna Anggraeni
3116 0405 03**



Profil Aliran Balik pada Saluran Primer Pegirian

Skala 1:100

NO

JUMLAH

45

45